

Epistemología de la tecnología y sus implicaciones didácticas: estudio de concepciones de estudiantes de ingenierías

Julio César Tovar-Gálvez, Universidad Autónoma de Colombia, Colombia
Germán Antonio García Contreras, Universidad Antonio Nariño, Colombia

Resumen: El presente artículo plantea como problema de investigación la relación que existe entre epistemología y didáctica de la tecnología. Se presentan tres objetivos: a) la construcción de una propuesta de epistemología de la tecnología, b) la identificación de las concepciones que sobre tecnología tiene un grupo de estudiantes de ingenierías, a través de una encuesta, y c) el planteamiento de un modelo para la enseñanza-aprendizaje de la tecnología. Las conclusiones determinan: a) la necesidad de un modelo epistemológico para la tecnología desde la complejidad, b) que las concepciones de los estudiantes principalmente asumen a la ciencia como un saber verdadero, teórico y contrastable empíricamente, con una aplicación o producción de artefactos llamados tecnología, por lo que la tecnología carece de saber y de métodos, y c) que el modelo didáctico que responde a la epistemología compleja de la tecnología es el enfoque de relaciones entre Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente.

Palabras clave: tecnología, epistemología, didáctica, educación superior, CTSA

Abstract: This paper rises as research problem of the relationship between epistemology and education of technology. We present three objectives: a) construction of a proposed epistemology of technology, b) identification of the conceptions of technology has a group of engineering students, through a survey, and c) the approach of a model for teaching-learning technology. The findings determine: a) an epistemological model for technology from the paradigm of complexity, b) that conceptions of mainly students take science as true knowledge, theoretical and empirical testable, with an application or production of devices called technology, so that the technology lacks knowledge and methods, and c) the didactic model that responds to the complex epistemology of technology is the focus of relations between Science-Technology-Society-Environment

Keywords: Technology, Epistemology, Didactic, Higher Education, STSE

Introducción

El reduccionismo es una de las más frecuentes formas de entender la tecnología (Valderrama, 2012), lo cual se convierte en un obstáculo para la formación de profesionales y de ciudadanos. De esta manera, surge la necesidad de estudiar la relación entre epistemología y didáctica de la tecnología.

La relación entre epistemología y didáctica de la ciencia y la tecnología ha sido abordado como problema, puesto que las posturas epistémicas influyen en las formas en que se enseña-evalúa el conocimiento, en las formas de relación entre los sujetos involucrados en tal proceso, en las políticas educativas y en las acciones de los profesionales formados (Costa y Domènech, 2002; Guyot, 2005; Gallego-Torres y Gallego-Badillo, 2006 y 2007; Fernández, Demuth y Alcalá, 2009). Así, una postura positivista se asocia a modelos educativos conductistas centrados en productos; desde posturas socio-históricas, emergen modelos educativos constructivistas; y desde visiones epistemológicas sistémicas, se estructuran modelos educativos centrados en procesos-proyectos contextualizados (Costa y Domènech, 2002; Tovar-Gálvez y García, 2012; Tovar-Gálvez, García, Cárdenas y Fernández, 2012; Tovar-Gálvez, 2013).

Respecto a las posturas epistémicas sobre la tecnología hay diversidad, pero al parecer sí hay un consenso en torno a diferenciarle de la ciencia y a alejarle de la idea de ser un producto o derivado del



conocimiento científico; ello al menos en la esfera académica. Como una ilustración del proceso de construcción de posibles epistemologías de la tecnología, se trae la propuesta de Agazzi (1998) quien precisa diferencia entre Técnica y Tecnología; entonces, el primer concepto hace referencia a *conocimientos eficaces* desarrollados por la humanidad a través de su historia, los cuales han aportado a mejorar la vida cotidiana y constituyen su *entorno artificial*; mientras que el segundo concepto se dota de “logia o logos”, lo que refiere a un saber; es decir que la tecnología es un conocimiento sistematizado del *por qué se hace* y *cómo se hace algo*, no como la técnica que viene por *ensayo y error* o por *mera inducción*. Esto desliga a la técnica de la ciencia y da a la tecnología la categoría de *saber*.

Independientemente de las acepciones sobre la técnica, hay posturas que se centran más en la tecnología como forma de conocimiento, con una estructura, con un lenguaje, con una comunidad, con finalidades e intereses. En esta línea, Jiménez y Gil (1978) le asumen como un conocimiento relativo al *saber cómo hacer algo*, por lo que surge de la apropiación y solución de necesidades; su método de producción es la *generalización de resultados por inducción*; y tiene dos tipos de finalidades: a) verificar paradigmas científicos, solucionar problemas teóricos de manera práctica, generalizar conclusiones, ampliar o corroborar la ciencia básica, b) representar la capacidad de trabajo creativo de una nación (intelectual, administrativa, recursos, institucional, en toma de decisiones, investigativa, educativa y la resolución de problemas).

Sin alejarse de lo anterior, pero con la preocupación por diferenciar la tecnología de la ciencia, Cupani (2006) cita hechos históricos que demuestran que procesos y productos tecnológicos han sido desarrollados sin la necesidad del soporte científico del cual en la actualidad se supone que la tecnología no se puede separar hasta el punto de creerse inviable. Así el autor cita grandes construcciones de la antigüedad, las cuales fueron logradas sin teorías científicas previas y las cuales no fueron logradas por científicos que decidieron “aplicar” sus teorías (cita a la máquina de vapor). El autor opta por que la tecnología es “la producción de algo nuevo y no el descubrimiento de algo existente”; su método es un proceso práctico; y su finalidad es funcional, por ocuparse de construir lo artificial para adaptar el ambiente a las necesidades de la humanidad, o controlar la realidad.

Teniendo en cuenta la discusión anterior, surge la necesidad general de continuar con la construcción epistemológica en torno a la tecnología, así como de hacer una vigilancia epistemológica (Caamaño, 1995) a la formación tecnológica de profesionales y ciudadanos (Rangel, 2014). De manera específica, el presente artículo tiene como objetivo: a) plantear un marco epistemológico para la tecnología desde la complejidad, b) para desde allí identificar los elementos epistemológicos que sobre tecnología tienen estudiantes de ingeniería y c) establecer algunas alternativas didácticas que sean coherentes.

Propuesta de Marco Epistemológico

Como plataforma para la epistemología de la tecnología que se quiere aproximar aquí, desde la complejidad Tovar-Gálvez (2013) plantea que el conocimiento tecnológico hace referencia a los principios, leyes, procesos, métodos y técnicas que rigen o determinan el desarrollo tecnológico, el que a su vez se entiende como procesos y artefactos que tienen como finalidad la calidad de vida humana. El conocimiento y la práctica tecnológica son producto de las formas de relación entre sujetos en espacios biofísicos particulares; por lo que es un saber-actuar auto-eco-organizado, causante de transformaciones de los contextos y a su vez transformado por los contextos.

En otras palabras, el autor precisa que la tecnología, entendida como sistemas, procesos, medios, instrumentos, herramientas y maquinaria, es objeto y producto de la dinámica de un cuerpo de conocimiento específico. Dicho conocimiento y producto son construcción de una comunidad de ingenieros o tecnólogos; tiene como finalidad resolver problemas que condicionen la calidad de vida humana (adaptación del ambiente, ocio y consumo); tiene carácter de enseñable (por lo que hay titulaciones en las áreas) y emerge en contextos sociales y biofísicos particulares (influyendo y siendo influido); siendo ésta última característica la que le posiciona en la complejidad (auto-eco-organización de los sistemas - Morin, 1996-) y que hace necesaria su regulación por parte de la ciudadanía y el gobierno.

Sin embargo, en este artículo se quiere ampliar dicha postura y precisar dos ámbitos epistémicos de la tecnología:

Por una parte, la tecnología como práctica adaptativa, como conocimiento, formas de hacer y medios que son producto de la experiencia que se concretan a través de la identificación de regularidades y tradiciones; siempre con la intención de mejorar o facilitar la vida humana. Esto deja abierta la posibilidad de pensar en la tecnología como prácticas y productos sociales a través de la historia de la humanidad, antes de y en culturas a las que no ha llegado la tendencia a organizar todas las formas de saber en la estructura y la lógica de las disciplinas de la modernidad. Esto también significa que la epistemología de la tecnología no es una sola.

Por otra parte, la tecnología como disciplina: su naturaleza responde a un saber, a procesos y a productos particulares, comunicables y enseñables, que se auto-eco-organiza con otros cuerpos de conocimiento en contextos sociales-biofísicos históricos, es decir que emerge de las formas de relación entre sujetos en sus contextos y a la vez transforma dichas formas de relación y contextos; su estructura o forma de organización es a través de principios, normas, procesos, métodos y técnicas; su finalidad es adaptar el entorno o contexto biofísico a las necesidades de las sociedades o formas de organización social (incluidos el ocio, el poder y el mero comercio); y su dinámica de producción o método es procesual, a través de proyectos que conducen a prototipos y soluciones a problemas prácticos, de manera inductiva-deductiva.

Metodología

Respecto a la dilucidación de las concepciones de los estudiantes de ingeniería, el enfoque metodológico es cualitativo, puesto que recolecta información respecto a las opiniones o formas de entender un fenómeno por parte de los actores del proceso (Martínez, 2006). Así mismo es interpretativo, pues quien investiga toma la información y hace un análisis o discusión, a partir de lo cual busca dar cuenta de los sentidos que los sujetos estudiados asignan al mundo.

De manera particular, se presenta un cuestionario conformado por siete preguntas abiertas sobre aspectos epistemológicos de la ciencia y la tecnología a 88 estudiantes de carreras de ingeniería (ambiental, civil y mecánica), quienes se agruparon de entre 2 y 4 para dar respuesta. La información recolectada es cualitativa y consiste en las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas. La presentación de los resultados es una primera forma de organización y gestión de los datos, por agrupamiento de las respuestas en tendencias o por similitud en su contenido, es decir de manera inductiva, para a partir de ello interpretar cuáles son las posibles concepciones de los estudiantes. Los análisis consisten en contrastar los resultados con algunas tipologías de posturas epistemológicas sobre la tecnología, hallados en la literatura especializada, así como frente a la propuesta teórica realizada en este artículo.

Resultados

De manera inductiva se establecen tendencias en las respuestas de los estudiantes; la agrupación se hace por similitud del contenido de las respuestas. Los resultados muestran que las respuestas de los equipos de trabajo son híbridas; es decir, plantean elementos que podrían agruparse en más de un tipo de concepción. Sin embargo, en respuestas a ciertas preguntas hay mayores matices o mayor polaridad en cuanto a las concepciones; por ejemplo, en la pregunta 2 sobre *cuál es la función del conocimiento científico*, se distinguen dos posiciones y no hay respuestas que se puedan agrupar en los dos tipos de concepciones; mientras que en la pregunta 4 sobre *qué es la tecnología y cuál es su finalidad*, las respuestas son más diversas, se identifican 6 tipos de concepciones y las respuestas son más híbridas o se pueden clasificar en más de una tendencia. Esta situación de respuestas híbridas hace que la cantidad de estudiantes por tendencia o tipo de respuesta no corresponda en sumatoria con el número total de estudiantes.

A continuación se presentan las concepciones identificadas por cada pregunta; es decir, el resultado de la agrupación de las respuestas en tendencias de respuesta frente a cada pregunta:

Respuesta a pregunta 1. *¿Qué aspectos caracterizan que un conocimiento es científico o no?:*

- Las explicaciones de 66 estudiantes tienen su principal enfoque hacia concepciones sobre lo demostrable, sobre la verdad, hacia la linealidad y hacia el método científico. Aquí la teoría es importante como identificación de lo científico y la experimentación como forma de demostrar que dicha teoría es cierta y por ende científica; es dicha relación la que en la mayoría de veces argumenta o soporta lo que se entiende como verdadero, aunque en otras ocasiones no parece haber criterios para determinar lo verdadero.
- Las respuestas de 28 estudiantes se dirigen a concepciones que hacen explícito el proceso investigativo como característica del conocimiento científico; entonces puede interpretarse que aquello que es producto de la investigación, es científico; sin embargo no hacen referencia a qué se entiende por investigación, sino a que consiste en metodologías o métodos sustentados.
- Sólo dos grupos, de 4 y de 2 estudiantes, que se refieren a lo científico en relación con la investigación, hacen explícito que lo científico debe ser socializado.

Respuesta a pregunta 2. *¿Cuál es la función del conocimiento científico?:*

- Un conjunto de 37 estudiantes dan respuestas que ubican la función del conocimiento científico en las necesidades intelectuales, sociales y cotidianas de la humanidad, hacia el mejoramiento de la calidad de vida; para lo que de manera particular mencionan resolver problemas de salud, resolver cuestionamientos generales de la humanidad, hacer uso de metodologías de investigación y la socialización del conocimiento.
- Para 54 estudiantes la finalidad del conocimiento científico está en el espacio interno del conocimiento científico; es la ciencia por ciencia, la búsqueda de la verdad, la comprobación de las teorías científicas, el desarrollo y ampliación de la misma ciencia y de la tecnología, o simplemente explicar fenómenos. De este gran grupo, la gran mayoría hace referencia a la ciencia como productora de las respuestas, definidora de lo verdadero y como algo a aplicar; mientras que un sólo grupo de 4 estudiantes hacen referencia a que la función de la ciencia es producir métodos de estudio de los fenómenos.

Respuesta a pregunta 3. *¿Cómo se produce el conocimiento científico?:*

- En esta tendencia se identifican 21 estudiantes cuyas respuestas hacen referencia a la producción del conocimiento a partir de preguntas, de incógnitas, de dudas y del asombro; pero no hacen referencia de manera explícita al proceso o método.
- Los 64 estudiantes que se agrupan en este tipo de concepciones hacen explícitos métodos, como la investigación o por el método científico. Algunas de las secuencias que plantean los estudiantes son: a) idea-hipótesis-investigación-teoría, b) “método científico: hipótesis, investigación, recolección de datos, resultados, experimentación y conclusión”, c) identificación de problema-posible solución-hipótesis-solución.
- Sólo dos grupos, de 3 estudiantes cada uno, presentan una respuesta que se ajusta a la tendencia anterior, pero que además hace referencia a que el conocimiento científico se produce a partir de las teorías.

Respuesta a pregunta 4. *¿Qué es la tecnología y cuál es su finalidad?:*

- Esta forma de entender la tecnología y finalidad, agrupa a 16 estudiantes, quienes hacen referencia a la tecnología como avances, como abstracciones y como productos o construcciones de la humanidad, pero sin hacer relación explícita a algún tipo de conocimiento.
- Un total de 53 estudiantes identifican que la tecnología son conocimientos con la finalidad de mejorar la calidad de vida o lograr el beneficio de la sociedad.
- En este conjunto conformado por 30 estudiantes, la tecnología se define como herramientas, instrumentos, máquinas y artefactos, cuya finalidad es ayudar a los profesionales de la misma área del conocimiento (ingenieros) o para reemplazar el trabajo humano; en un solo caso, para un grupo conformado por 2 estudiantes, la tecnología es un conocimiento que tiene como finalidad producir herramientas.

- Para 11 estudiantes la tecnología es un desarrollo, o un producto o una aplicación del conocimiento científico, para mejorar la calidad de vida.
- Un conjunto de 13 estudiantes define a la tecnología en términos de procesos, mecanismos o medios para lograr innovación, cambios o transformaciones.
- Solamente un grupo conformado por 3 estudiantes declara que la tecnología, además de aporta a la calidad de vida, genera necesidades que antes no existían.

Respuesta a pregunta 5. *¿Cómo se produce la tecnología?:*

- La explicación que dan 72 estudiantes sobre la producción del conocimiento tecnológico, se enfoca a que ello se da a partir de los problemas, de las necesidades y de las búsquedas del hombre, para mejorar la calidad de vida; sin embargo no hacen referencia a posibles métodos.
- Sólo dos grupos, de 4 y de 5 estudiantes, hacen referencia a un método con características de la producción de tecnología, incluyendo de manera particular el desarrollo de prototipos.
- Un grupo de 27 estudiantes se centra en la ciencia, en la investigación científica y/o en el método científico como la forma de producir tecnología.
- Sólo 3 estudiantes enuncian una relación entre el conocimiento empírico y la tecnología, pero no queda claro en qué marco epistémico.

Respuesta a pregunta 6. *¿Cuál es la relación entre ciencia y tecnología?:*

- Esta tendencia agrupa a 38 estudiantes, para quienes existe una relación de codependencia o aporte en ambos sentidos; es decir, que ambas partes avanzan por un aporte mutuo. Un ejemplo de las relaciones establecidas por los estudiantes es: “Para llegar a la tecnología se necesita de la ciencia y la tecnología contribuye con los nuevos estudios de la ciencia”
- Esta otra forma de interpretar las relaciones es asumida por 28 estudiantes, para quienes la tecnología es creación, producto o aplicación de la ciencia.
- Un conjunto de 22 estudiantes ven la relación a manera inversa que el anterior, por lo que para ellos la ciencia necesita de la tecnología para su desarrollo.

Respuesta a pregunta 7. *¿Qué implicaciones éticas pueden surgir por el desarrollo de la ciencia y la tecnología?:*

- Para 39 estudiantes las implicaciones éticas están en que la CyT sean desarrolladas para destruir al hombre y al entorno y no para el bienestar, en que las finalidades se desvíen o busquen destrucción, en el cambio o agresión de los códigos éticos sociales y morales personales.
- Un grupo de 21 estudiantes parece relacionar el aumento de la tecnología con la pérdida de la ética y de la calidad de humano o deshumanización. Como ejemplo de esta relación, se cita: “Muchas veces por exceso de tecnología se pierde la idea de ser humano”.
- Para 15 estudiantes, los conflictos éticos de la ciencia y la tecnología están en el detrimento de los códigos morales religiosos.
- Dos grupos, de 4 y de 5 estudiantes, centran el problema ético en la carencia del mismo humano de ética y moral.
- Sólo 3 estudiantes no responden.

Discusión

Análisis Descriptivo

Con referencia a los aspectos que caracterizan el conocimiento científico, se encontraron dos grandes tendencias: una constituida por la mayoría de estudiantes, para la que tal tipo de conocimiento es verdadero y se fundamenta en teorías demostrables empíricamente; siendo el contraste empírico el principal criterio para determinar la verdad y la científicidad del saber. Y la otra tendencia, que al parecer es un camino hacia una visión del conocimiento como una construcción provisional, es la

concepción de 28 estudiantes que relacionan el conocimiento científico con la investigación; siendo la investigación el criterio para determinar que algo es científico; a esta se le puede sumar un conjunto de 6 estudiantes que hacen referencia a la necesaria socialización de tal saber. Queda como cuestionamiento qué es aquello que los estudiantes entienden por investigación.

En cuanto a la finalidad del conocimiento científico, surgen dos tendencias: una sustentada por 54 estudiantes, quienes ven una utilidad de la ciencia por ciencia (sin fines prácticos o utilidad, sino sólo teóricos) o de la búsqueda de la verdad; y otra soportada por 37 estudiantes, la cual apunta en general a lo funcional y a la calidad de vida humana.

Respecto a la producción del conocimiento científico, se identificaron 2 tendencias principales: la primera, con 21 estudiantes, la cual consiste en asumir como punto de partida la pregunta o incógnita, pero sin detallar métodos; y la segunda, con 64 estudiantes, que se fundamenta en el avance de la ciencia a partir de la investigación o el método científico, incluyendo elementos como preguntas o problemas, hipótesis, recolección de información o experimentación y solución al problema; a la última se le suma un grupo de 3 estudiantes que considera que la investigación se hace con fundamento en las teorías. Esto muestra que en general los estudiantes ubican la producción como un efecto de la existencia de preguntas o problemas que deben ser resueltos.

Pasando al campo de la tecnología, cuando se pregunta por la naturaleza y finalidad de tal tipo de conocimiento, las respuestas de los estudiantes son más diversas (6 tendencias) respecto a las respuestas referidas al conocimiento científico (2 tendencias). Sin embargo, las respuestas tienen elementos que las aproximan. La primera con 16 estudiantes hace referencia a productos o construcciones de la humanidad; la segunda con 53 estudiantes, le relaciona con conocimiento para mejorar la calidad de vida humana; la tercera con 30 estudiantes principalmente relaciona a la tecnología con herramientas y artefactos; la cuarta con 11 estudiantes le asume como la aplicación del conocimiento científico para mejorar la calidad de vida humana; la quinta con 13 estudiantes define a la tecnología como procesos, mecanismos o medios para lograr innovación, cambios o transformaciones; la sexta tendencia con 3 estudiantes también ve la finalidad en la calidad de vida, pero además en la generación de nuevas necesidades. De lo anterior se puede decir que existen dos grandes tendencias en cuanto a la naturaleza: artefactos, versus conocimiento-procesos; y una finalidad que parece ser la más difundida: el mejoramiento de la calidad de vida humana.

Relativo a la producción del conocimiento tecnológico, es posible identificar tres tendencias principales: una que se conforma por los conceptos de 72 estudiantes, en la que no se señala ningún método, sino que se hace referencia a los problemas o necesidad como punto de partida; otra con 27, en la cual considera la investigación científica o el método científico como la forma de producir tecnología; y la tercera, soportada por 9 estudiantes, la cual hace énfasis en el diseño de prototipos como eje en la producción de tecnología. Aquí se puede ver que al menos de manera explícita la segunda tendencia no le da independencia epistémica a la producción tecnológica de la científica; la primera se asemeja a lo que la mayoría determinó como método para la ciencia, pero ello no necesariamente deja sin piso a la tecnología; y es sólo la tercera la que le da una característica particular a la forma de producir tecnología.

Abordando el tema de las relaciones entre ciencia y tecnología, las respuestas de los estudiantes están menos polarizadas que en los casos anteriores. Las tres tendencias son: una que está sustentada por las respuestas de 38 estudiantes, que asume la co-dependencia entre las dos formas de saber; una segunda argumentada por 28 estudiantes, que asume a la tecnología como producto de la ciencia; y una última que con 22 estudiantes a favor establece que la ciencia depende de la tecnología. Este es quizás uno de los temas que más requiere de estudios históricos y epistemológicos contextualizados, para que los estudiantes construyan posturas al respecto.

Finalmente, en el cuestionario se aborda el tema de las implicaciones éticas que emergen del desarrollo de la ciencia y la tecnología, frente a lo que se encuentran cuatro tendencias: la primera con 39 estudiantes, centra las implicaciones en que tales formas de saber sean desarrollados para la destrucción y no para el bienestar, así como en el cambio o agresión de los códigos éticos y morales; la segunda fundamentada en las respuestas de 21 estudiantes, la cual relaciona el aumento de tecnología con la disminución de valores; una tercera tendencia con 15 estudiantes, la cual centra los

conflictos éticos frente a la religión; y la última tendencia, que con 9 estudiantes a su favor, asume el problema ético en la carencia de códigos éticos de la misma humanidad. En lo anterior se puede ver que la primera tendencia es humanista y ecologista y parece ser la más amplia de todas; sin embargo, se podría decir que las tres consecuentes son formas de explicar dichas implicaciones: una porque la misma tecnología destruye los valores personales y religiosos, y otra, la última referida, apunta a que los problemas éticos de la ciencia y la tecnología radica en las mismas personas.

Contrastación respecto a la postura de Costa y Domènech (2002)

En síntesis los autores citados definen tres tendencias epistémicas sobre la tecnología, según el cuadro que sigue.

Tabla 1: Posturas sobre tecnología

<i>Positivismo</i>	Para Comte, lo teológico y lo metafísico corresponden a caminos ficticios y abstractos, mientras que la ciencia es el enfoque de pensamiento positivo que lleva al constante progreso. La ciencia es conocimiento objetivo de la realidad y la tecnología es un campo derivado de las ciencias naturales.
<i>Teorías sistémicas</i>	Tanto las ciencias sociales como las ciencias naturales pueden ser vistas desde la perspectiva de sistemas complejos. Para esta versión, la tecnología es un saber específico que articula diversos conocimientos y procesos que conllevan a bienes y servicios que demandan las formas de organización social.
<i>Corrientes socio-históricas</i>	Se incluyen posturas críticas como la de la Escuela de Frankfurt, para la cual el conocimiento científico y tecnológico son modelos influidos por el momento histórico, por los intereses sociales y que además tienen una carga de incertidumbre; de esta manera el sujeto y la cultura son el centro del proceso de construcción de conocimiento y producción tecnológica

Fuente(s): Información adaptada de Costa y Domènech, 2002.

Positivismo: las primeras 3 preguntas del cuestionario preguntan por el conocimiento científico y las respuestas a las mismas apuntan a creencias a que este tipo de conocimiento es una verdad; lo que por extensión invalida otras formas de conocimiento, por no ser verdad o realidad. De esta manera, la ciencia es vista como una búsqueda de la verdad. Ya en el campo tecnológico, con las preguntas 4 y 5, las respuestas de los estudiantes en esta epistemología son las que asumen a la tecnología como artefactos, como un producto de la ciencia, como dependiente de los métodos propios de producción científica.

Teorías sistémicas: esta tendencia sugiere la interdisciplina y la producción de bienes y servicios para las sociedades. Así, las respuestas de los estudiantes que apuntan a esta forma de asumir a la ciencia y a la tecnología son las que establecen una relación de co-dependencia entre las dos formas de conocimiento y las que asumen sus finalidades hacia la calidad de vida humana. Sin embargo no existe tal nivel de afinación en cuanto a la forma que los estudiantes definen los métodos de producción, para establecer si corresponden exclusivamente a la dimensión disciplinar o si llegan a la interdisciplina.

Teorías socio-críticas: las respuestas de los estudiantes que se pueden aproximar a esta postura son aquellas que plantean el problema ético en los sujetos y por ende en los cuerpos de conocimiento y sus productos. Esta postura no da elementos para un modelo interno de la ciencia y la tecnología como disciplinas (por ejemplo en cuanto a su estructura y dinámica); y en contraste las respuestas de los estudiantes no llegan a la profundidad del contexto social del saber.

Contrastación respecto a la postura de González, López y Luján (2004)

En síntesis los autores citados definen cuatro tendencias epistémicas sobre la tecnología, según el cuadro que sigue.

Tabla2: Posturas sobre tecnología

<i>Concepción intelectualista</i>	La tecnología se deriva directamente de la ciencia o del conocimiento teórico. De esta manera, la ciencia pura no tiene que ver con la tecnología y le antecede. De otro lado, las teorías científicas son neutras en términos éticos, mientras que la aplicación o tecnología derivada sí implica cuestiones éticas.
<i>Concepción artefactual</i>	La tecnología es asumida como herramientas, aparatos o artefactos destinados a realizar tareas. Los artefactos son neutrales ética y políticamente, por lo que la tecnología puede ser transferida a cualquier lugar independiente de sus características culturales.
<i>Tecnología autónoma</i>	Desde aquí se asume que tanto la ciencia, como la tecnología, tienen una línea de avance in-interrumpible, que les dota de autonomía; todo hasta el punto de suscitar imaginarios sobre que la tecnología se gobernará por sí misma y dominará a la humanidad, ante lo cual hay que ejercer resistencia.
<i>Determinismo tecnológico</i>	Continúa en la lógica de la anterior, por lo que la tecnología sigue una línea de evolución, con la peculiaridad que es tal línea la que determina los cambios sociales y culturales; nunca se da en el caso contrario. Aquí se encuentran de nuevo los extremos en que la tecnología o beneficia o destruye a la sociedad.

Fuente(s): Información adaptada de González, López y Luján, 2004.

Concepción intelectualista: las respuestas de los estudiantes que responden a la definición de esta tendencia, son las que posicionan a la ciencia como un saber puro y que existe de sí para sí mismo, y a la tecnología como un derivado lógico del conocimiento científico.

Concepción artefactual: esta es una de las grandes tendencias entre las respuestas de los estudiantes; pues un número importante reduce a la tecnología a las herramientas o los aparatos, en contraste con un menor número que la relacionan con conocimientos específicos y con procesos.

Tecnología autónoma: en torno a esta tendencia se ubican unas pocas respuestas de estudiantes que hacen referencia a que la tecnología en aumento va disminuyendo los valores de la humanidad; pudiéndose entender que la tecnología llega a un punto en que destruye los códigos éticos de una sociedad pasiva y acrítica.

Determinismo tecnológico: se puede decir que existe una íntima relación entre la postura anterior y la presente, pues la idea de la tecnología autónoma también significa que la tecnología avanza sin parar y que la sociedad sólo se adapta a la misma.

Contrastación respecto al marco epistemológico propuesto

Retomando el referente teórico del presente artículo, una síntesis de la postura epistemológica compleja de la tecnología, a través de cuatro categorías, se define en el cuadro que sigue.

Tabla 3: Postura compleja sobre tecnología

<i>Naturaleza</i>	Saber, procesos y productos particulares, históricos (dinámicos y relativos) comunicables, enseñables, auto-eco-organizados (interdisciplinarios y contextualizados).
<i>Estructura</i>	Principios, normas, procesos, métodos y técnicas.
<i>Finalidad</i>	Adaptar el entorno o contexto biofísico a las necesidades de las sociedades.
<i>Dinámica</i>	Proyectos que conducen a prototipos y soluciones a problemas prácticos, de manera inductiva-deductiva.

Fuente(s): elaboración propia a partir del marco epistemológico del mismo artículo, 2015.

Naturaleza: quizás esta categoría se centre más que las que siguen en la definición de una epistemología compleja, pues también implica una visión de mundo y una consideración sobre la realidad en términos ontológicos. Algunas respuestas de los estudiantes relacionan a la tecnología con una forma de saber específico, pero son muchas más las que relacionan a la ciencia con la verdad y a la tecnología con un producto. El tema de la relatividad del conocimiento se relaciona con la idea de lo histórico del mismo. No hay indicios de la reflexión sobre el carácter comunicable y enseñable del conocimiento y procedimientos propios del saber tecnológico; y así mismo se está lejos de la conciencia explícita de la interdisciplina y del saber en contexto.

Estructura: varias de las respuestas de los estudiantes relacionan a la tecnología como un derivado de las teorías científicas, pero en ningún caso se hace referencia a la estructura específica de la tecnología; es decir que no se hace mención a si la tecnología también está organizada en teorías como la ciencia, o no.

Finalidad: la visión de los estudiantes respecto a la finalidad de la ciencia y la tecnología apunta a la postura compleja, en tanto hacen referencia a que se busca adaptar el contexto biofísico a las necesidades de las sociedades, buscando la calidad de vida.

Dinámica: al parecer las concepciones de los estudiantes se enfocan hacia una dinámica más asociada a la ciencia; es decir, a la investigación y al método científico. Sin profundizar sobre las diferencias de la investigación en ciencia y la investigación en tecnología, por falta de evidencias en las respuestas de los estudiantes, se puede decir que son muchos los que hacen referencia a los problemas prácticos como punto de partida, y que son pocos los que relacionan la dinámica de la producción tecnológica con los proyectos y diseño de prototipos.

Perspectivas Didácticas

El enfoque CTSA es una forma de comprender la Ciencia y la Tecnología en relación con la Sociedad y el Ambiente, el cual corresponde a una línea de trabajo académico y de investigación que tiene por objeto el estudio de la naturaleza social del conocimiento científico-tecnológico y sus incidencias en los diferentes ámbitos económicos, políticos, ambientales y culturales de las sociedades occidentales primordialmente (Osorio, 2011); lo que implica una nueva mirada epistemológica que supera la tradicional postura de súper-especialización que fractura la realidad. Aunque CTSA se ha convertido en una de las más recientes e importantes alternativas para la didáctica de las ciencias y la tecnología, porque ha significado una nueva mirada sobre cómo enseñar y evaluar tales saberes (Gallego-Badillo, 2004), tiene un alcance y finalidad más globales en tanto participación ciudadana en procesos relacionados con las políticas, la toma de decisiones, la evaluación y la regulación de la ciencia y la tecnología.

Respecto a la epistemología del enfoque CTSA, por ejemplo Tovar-Gálvez (2013) la identifica como una necesidad para el momento histórico que se vive desde que se evidencia el alto impacto del conocimiento científico y tecnológico en el mundo, siendo ésta una visión compleja que pone a la Ciencia y a la Tecnología en contextos Sociales y Ambientales particulares, de manera sistémica, definidas por múltiples relaciones que hacen imposible separarles o asumirles como ámbitos o elementos aislados el uno del otro; es una auto-eco-organización de sistemas de saberes con sistemas sociales-biofísicos; así la ciencia y la tecnología emergen de lo social-biofísico y a su vez influyen a lo social-biofísico.

Asumiendo especificidad epistemológica para la tecnología desde la perspectiva CTSA, para González, López y Luján (2004) tal visión integra las posturas que dan cuenta de la estructura interna de la tecnología como saber, pero también con aspectos externos; así no sólo se consideran elementos como el conocimiento, las destrezas y los artefactos, sino que también sus posibles relaciones con dimensiones organizativas y culturales; así que la tecnología es una práctica social. A partir de ello surgen estudios sobre la participación ciudadana en la definición de códigos éticos y de políticas públicas en torno a la tecnología; por lo que la educación tecnológica, en contextos sociales y culturales particulares se hace prioritaria. Con esto, el determinismo tecnológico sobre la sociedad se relativiza y ahora se considera cómo lo social puede determinar el desarrollo de la tecnología.

Los estudios de Solbes y Vilches (2004) evidencian la debilidad de muchos currículos escolares en cuanto a la introducción del estudio de las relaciones CTSA como parte del perfil ciudadano esperado. Ante dicho panorama los autores plantean un posible perfil ciudadano a construir desde la escuela, para lo cual se debe buscar que los estudiantes lleguen a comprender: a) cuáles son los problemas sociales-ambientales actuales, b) el papel de la ciencia y la tecnología en la solución de dichos los problemas, c) la influencia de la sociedad y de los intereses de particulares en los objetivos de la ciencia y la tecnología, d) los procesos de evaluación de los impactos sociales y ambienta-

les de la ciencia y la tecnología, y e) los mecanismos de participación ciudadana en aspectos públicos de ciencia y tecnología.

La necesidad por contextualizar la enseñanza de las ciencias, en todos los niveles de formación, ha sido un movimiento político-académico que ha reclamado una nueva forma de entender la ciencia y tecnología renegociando y redimensionando sus relaciones con la sociedad; con lo que se ha producido numerosas propuestas para llevar a cabo un planteamiento más crítico y contextualizado de la enseñanza de las ciencias y de los temas relacionados con la ciencia y la tecnología, tanto en enseñanza media como en enseñanza superior.

En términos curriculares, el conocimiento y los procesos tecnológicos se hacen enseñables a través de las denominadas ingenierías; y por la naturaleza del quehacer de los ingenieros, existe una relación coherente con el estudio de las relaciones CTSA; es decir, la lógica de la profesión ingenieril, demanda la lógica de modelos didácticos fundamentados en CTSA. Ello se argumenta si se asume a la ingeniería como un campo interdisciplinar y contextualizado que supera la estructura de las disciplinas, la cual se presenta a manera de unidad discursiva discreta y especializada en su propio campo intelectual (Galland, 2002).

Conclusiones

La epistemología de la tecnología es un campo poco explorado en comparación con la filosofía o epistemología de las ciencias, en tanto hay una marcada tradición en asumir a la tecnología como una aplicación o producto derivado de las teorías científicas. En las últimas décadas se ha trabajado más en este campo, por lo que la tecnología representa para las sociedades modernas y contemporáneas. En este marco, se ha hecho relevante el tema de la educación tecnológica para la ciudadanía y de manera particular la didáctica de la tecnología en los sistemas educativos formales.

Respecto al primer objetivo planteado para este artículo, la tecnología es vista desde una epistemología de la complejidad como un saber, unos procesos y unos productos, los cuales son particulares y diferenciados de los científicos, son históricos (dinámicos y relativos) comunicables, enseñables, auto-eco-organizados (interdisciplinarios y contextualizados). Así mismo la tecnología se estructura como principios, normas, proceso, métodos y técnicas específicas que hacen parte de aquello comunicable y enseñable, por lo cual se titula en las universidades en dicho campo (ingenieril). La finalidad de éste saber es adaptar el entorno o contexto biofísico a las necesidades de las sociedades; y su forma de producción se centra en los proyectos que abordan problemas prácticos, para producir prototipos que signifiquen una solución a los problemas.

Abordando el segundo objetivo propuesto, las concepciones o posturas epistemológicas de los estudiantes principalmente asumen a la ciencia como un saber verdadero, teórico y contrastable empíricamente, con una aplicación o producción de artefactos denominada tecnología; así que la tecnología carece de saber y métodos propios. También es muy común la idea de que la finalidad de la ciencia y de la tecnología es resolver problemas, la ciencia los teóricos, y la tecnología los prácticos; lo que fortalece la idea que la tecnología aporta a mejorar la calidad de vida humana. En contraste, una menor cantidad de estudiantes asume a la tecnología como un saber y como procesos independientes, con una metodología centrada en proyectos y prototipos y con una relación de co-dependencia con la ciencia. Las principales implicaciones éticas identificadas por los estudiantes están en que el desarrollo de la ciencia y la tecnología no sea para el bienestar; aspecto que principalmente consideran que depende de los códigos éticos de las personas. Como proyección es necesario aportar más a la construcción de una visión interdisciplinar, contextualizada e histórica.

Y como respuesta al tercer objetivo establecido para el desarrollo de este artículo, el enfoque de estudio de relaciones entre Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente es una alternativa relevante para la enseñanza de la tecnología desde una postura compleja, pues centra el tema del desarrollo de la ciencia y la tecnología con respecto a la realidad social, económica, política, educativa y biofísica en momentos históricos específicos. La naturaleza de las ingenierías como profesión que concreta la enseñabilidad y la transferencia del conocimiento, procesos y productos tecnológicos, requiere de modelos didácticos fundamentados en CTSA.

Finalmente, es posible plantear algunas preguntas que constituyen las perspectivas de investigación sobre la epistemología y la didáctica de la tecnología: ¿Cuáles son las concepciones sobre tecnología que declaran y las que no declaran los programas curriculares?, ¿qué concepciones sobre tecnología declaran y no declaran los profesores?, ¿cuáles son las diferencias epistemológicas entre estudiantes a punto de graduarse y entre egresados con experiencia en su campo laboral?, ¿cuáles son las versiones sobre tecnología que subyacen a las políticas educativas?, ¿cuáles son las diferencias entre posturas y prácticas sobre la tecnología entre países sub-desarrollados, países en vía de desarrollo y países desarrollados?

REFERENCIAS

- Agazzi, E. (1998). El impacto epistemológico de la tecnología. *Argumentos de razón técnica*, 1, pp. 17-31. En: http://institucional.us.es/revistas/argumentos/1/art_1.pdf
- Caamaño, A. (1995). La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad: una necesidad en el diseño del nuevo currículum de Ciencias. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 3, pp. 4-6.
- Costa, A. y Domènech, G. (2002). Distintas lecturas epistemológicas en tecnología y su incidencia en la educación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), pp. 159-165.
- Cupani, A. (2006). La peculiaridad del conocimiento tecnológico. *Scientiæ Studia*, 4(3), pp. 353-71. En: <http://www.ifcs.ufjf.br/~cehc/Artigos/alberto%20cupani/lapeculiaridaddelconocimientotecnologico.pdf>
- Fernández, M.; Demuth, P. y Alcalá, María. (2009). Concepciones epistemológicas y didácticas de docentes y futuros docentes de Educación Primaria. Análisis de un caso. *Memorias del I Congreso Nacional de Investigación*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Formación Docente.
- Galland, G. (2002). Concepciones sobre Ciencia y Tecnología. Influencia en la formación de ingenieros y docentes para la carrera de ingeniería. *Educación*, 26(2), pp. 61-72. En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44026208>
- 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), pp. 301-319. En: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen3/REEC_3_3_4.pdf
- Gallego-Torres, A. y Gallego-Badillo, R. (2006). Acerca del carácter tecnológico de la nueva Didáctica de las Ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), pp. 99-113. En: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART6_Vol5_N1.pdf
- Gallego-Torres, A. y Gallego-Badillo, R. (2007). Historia, epistemología y didáctica de las ciencias: unas relaciones necesarias. *Ciência & Educação*, 3(1), pp. 85-98. En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=251019509006>
- González, M.; López, J. y Luján, J. (2004). Las concepciones de la tecnología. *El Escorial*, julio, pp. 1-16. En: <http://www.istas.ccoo.es/escorial04/material/dc06.pdf>
- Guyot, V. (2005). Epistemología y prácticas del conocimiento. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 26(30), pp. 9-24. En: http://www.revistacyt.uner.edu.ar/articulos/descargas/cdt30_guyot.pdf
- Jiménez, D. y Gil, R. (1978). Aportes para una epistemología de la tecnología. *Comunicación*, 1(2), pp. 1-5. En: http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/ciencias_lenguaje/revista_comunicacion/antiores/Vol1-A2-Num2%201978/4.pdf
- Martínez, M. (2006). La investigación cualitativa (síntesis conceptual). *Revista IIPSI*, 9(1), pp. 123-146. En: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/investigacion_psicologia/v09_n1/pdf/a09v9n1.pdf
- Morin, E. (1996). El pensamiento ecologizado. *Gazeta de Antropología*, 12, pp. 1-12. En: http://www.ugr.es/~pwlac/G12_01Edgar_Morin.html
- Osorio, C. (2001). *Seminario-taller ciencia, tecnología y sociedad. Materiales de Aula*. Cali: Mimeo.
- Rangel, A. (2014). Discurso y tecnología en el ámbito universitario. *Revista Internacional de Tecnología, Conocimiento y Sociedad*, 3(2), pp. 75-85. En: http://tecnoysoc.com/uploads/Revista_Internacional_de_Tecnología,_Conocimiento_y_Sociedad_3%282%29_2014.pdf
- Solbes, J. y Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las ciencias*, 22(3), pp. 337-348. En: <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v22n3p337.pdf>
- Tovar-Gálvez, J. (2013). Alternativas en la formación ambiental de ingenieros. *Nousitz: Revista de investigación científica y tecnológica*, 54(junio), pp. 821-831.
- Tovar-Gálvez, J. (2013). Formación investigativa inicial: reflexiones pedagógicas y didácticas. *Nousitz: Revista de investigación científica y tecnológica*, 54 (junio), pp. 797-807.

- Tovar-Gálvez, J. y García, G. (2012). Investigación en la práctica docente universitaria: obstáculos epistemológicos y alternativas desde la didáctica general constructivista. *Educação e Pesquisa*, 38(04), pp. 881-895. En: <http://www.scielo.br/pdf/ep/v38n4/07.pdf>
- Tovar-Gálvez, J.; García, G.; Cárdenas, N. y Fernández, Y. (2012). Concepción, formación y evaluación por competencias: reflexiones en torno a posibles alternativas pedagógicas y didácticas. *Educação & Sociedade*, 33(121), pp. 1257-1273. En: <http://www.scielo.br/pdf/es/v33n121/a18v33n121.pdf>
- Valderrama, C. (2012). Sociedad de la información: hegemonía, reduccionismo tecnológico y resistências. *Nómadas*, 36(enero-junio), pp. 13-25. En: <http://www.scielo.org.co/pdf/noma/n36/n36a02.pdf>

SOBRE LOS AUTORES

Julio César Tovar-Gálvez: Profesor de la Maestría en Didáctica de las Ciencias de la Universidad Autónoma de Colombia. Sus principales intereses en investigación son: formación de profesores, didáctica de las ciencias, educación ambiental, educación superior y educación desde la perspectiva compleja.

Germán Antonio García-Contreras: Coordinador del Departamento de Química, de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Antonio Nariño, Bogotá-Colombia. Sus principales intereses en investigación son: didáctica de la química, evaluación de los aprendizajes en ciencias y aprendizaje por investigación dirigida.