



Algunas concepciones CTSA de estudiantes de noveno grado sobre conceptos termodinámicos

- Some Conceptions STSE of Students of Ninth Grade about Thermodynamic Concepts
- Algumas concepções CTSA de estudantes do nono grau sobre conceitos termodinâmicos

Resumen

En los *Estándares básicos de competencias* del currículo colombiano se propone abordar la enseñanza de las ciencias desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS), pero es sugerido de forma reduccionista, donde solo se tiene en cuenta el componente técnico y científico, omitiendo incluso un componente ambiental, por lo que en algunas ocasiones los profesores no utilizan este adecuadamente o no lo tienen en cuenta, tal como ha sucedido en el colegio IDEHA. Así, en este artículo de investigación se presenta una propuesta para articular algunos conceptos de termodinámica con el enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA), con el propósito de identificar algunas concepciones ingenuas, plausibles y adecuadas en los estudiantes. Estas categorías, de naturaleza empírica, ya han sido reconocidas en cuestionarios estandarizados de opinión CTSA. La metodología que se llevó a cabo fue un estudio de caso, con enfoque cualitativo, donde se describieron opiniones, respuestas y concepciones de estudiantes de noveno grado sobre el impacto que puede traer la ciencia y la tecnología a la sociedad y el ambiente; sumado a ello, se describieron algunas dificultades de aprendizaje relacionadas con los conceptos científicos trabajados. Como resultado, se encontraron concepciones reduccionistas de la tecnología, la política y el ambiente, con actitudes desfavorables hacia la tecnología y favorables en aspectos ambientalistas; sumado a ello, se identificaron dificultades de aprendizaje similares a las ideas que tuvieron los científicos en la historia de la ciencia. Por lo anterior, se considera importante la formación de estudiantes alfabetizados tecnocientíficamente para que puedan cuestionar los beneficios y perjuicios, entrar y mantener debates, o proponer soluciones a diferentes problemáticas que los afectan, directa o indirectamente, en temas CTSA, a partir de propuestas que el profesor logre desarrollar.

Palabras clave

termodinámica; relaciones; actitudes y concepciones CTSA

Gonzalo Marín Oviedo*

* Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Docente catedrático. Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia. Correo electrónico: gonzalomarinoviedo123@gmail.com Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6198-2894>



Abstract

In the basic standards of competence from Colombian curriculum it is proposed to address the teaching of science from the approach science, technology and society (STS), but it is suggested from a reductionist way, so it is just considered the technical and scientific component, omitting even an environmental approach. Hence in some occasions the teachers have not used the approach adequately or it has not been taken into account, such as it has occurred in the IDEHA school. Therefore, it is presented a proposal to articulate some concepts from thermodynamics with the science, technology, society and environment (STSE) approach, to identify some naive, plausible and adequate conceptions. These categories, of empiric nature, have already been used in standardized opinion tests of STSE. The methodology carried out was a case study, with a qualitative approach, in which opinions, answers and conceptions of ninth grade students about the impact that science and technology have on society and environment were described. It also described some learning difficulties related to the scientific concepts studied. The results showed reductionist conceptions about the technology, politics, and environment, with unfavorable attitudes towards the technology and favorable attitudes towards environmental aspects. In conclusion, it is relevant the formation of techno-scientifically alphabetized students so they can question benefits and harms, enter and hold debates or to propose solutions to different problems that affect them directly or indirectly on STSE issues, through proposals that the professor may develop.

Keywords

thermodynamics; relationships; attitudes and conceptions STSE

Resumo

Nos estándares básicos de competência do currículo colombiano propõe-se ensinar ciências desde o enfoque da ciência, tecnologia e sociedade (CTS), mas é sugerido de forma reducionista, no qual só se tem em conta o componente técnico e científico, até mesmo imitem o enfoque ambiental, daí que em algumas ocasiões os professores não usam o enfoque corretamente ou não se dão conta, tal como tem sucedido no escola IDEHA. É assim como se apresentou uma proposta para articular alguns conceitos de termodinâmica com o enfoque ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), com o propósito de identificar algumas concepções ingênuas, plausíveis e adequadas dos estudantes. Estas categorias, de natureza empírica, já foram reconhecidas em questionários estandardizados de opinião CTSA. A metodologia que se desenvolveu foi um estudo de caso, com enfoque qualitativo, onde foram descritas opiniões, respostas e concepções de estudantes de nono grau sobre o impacto que pode gerar a ciência e a tecnologia para a sociedade e o ambiente; somado a isto, foi descrito algumas dificuldades de aprendizagem relacionadas com os conceitos científicos trabalhados. Como resultados obteve-se concepções reducionistas da tecnologia, a política e o ambiente, com atitudes desfavoráveis em aspetos ambientalistas; também foram identificadas dificuldades de aprendizagem similares às ideias que os cientistas têm tido na história da ciência. Como conclusão, se considera importante a formação de estudantes alfabetizados tecno-cientificamente para que possam questionar os benefícios e prejuízos, entrar e manter debates ou propor soluções em diferentes problemáticas que os afetam, diretamente ou indiretamente, em temas CTSA, a partir de propostas que o professor pode desenvolver.

Palavras-chave

termodinâmica; relações; atitudes e concepções CTSA

Introducción

La alfabetización tecnocientífica es importante para la formación de todo ciudadano, ya que le confiere habilidades para que piense, reflexione, comunique y tome decisiones responsables en cuestiones de ciencia y tecnología; y no hay duda de que el lugar propicio para cultivar esa formación es la escuela.

Para el caso concreto colombiano, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) reconoce la importancia de enseñar una alfabetización tecnocientífica en los estudiantes; tanto así que en los *Lineamientos curriculares: Ciencias Naturales y Educación Ambiental* se expresa claramente que el objetivo principal del conocimiento tecnológico y científico es la búsqueda de respuestas que conlleven al mejoramiento de la calidad de vida (MEN, 1998).

Además, cuando se revisan los *Estándares básicos de competencias (EBC) para las Ciencias Naturales y la Educación Ambiental*, se evidencia una coherencia con el objetivo principal de los *Lineamientos curriculares* debido a que en el manejo del conocimiento de la ciencia, tecnología y sociedad (CTS) (columna que indica las acciones de pensamiento y de producción concreta en los EBC) se busca generar competencias específicas que permitan la comprensión de los aportes de las ciencias naturales para mejorar la vida de los individuos y de las comunidades, así como el análisis de los peligros que pueden originar los avances científicos (MEN, 2004).

A pesar de esta coherencia y compromiso que tiene el MEN en el currículo de ciencias naturales, en algunas instituciones educativas no se enseña correctamente el enfoque CTS. Es más, ni siquiera articulan el componente ambiental, a pesar de los esfuerzos que han venido gestando diferentes movimientos en las últimas décadas para promover una educación ambiental con carácter social.

Sin embargo, este vínculo entre la educación ambiental y la dimensión social fue necesario porque se comenzó a percibir una reducción del concepto de ambiente (especialmente ecologista y conservacionistas), por lo que el movimiento educativo CTS bifurcó con el movimiento de educación ambiental, lo que dio como resultado un enfoque que atiende los problemas socioambientales desde las estrechas relaciones entre ciencia y tecnología. A esto se llamó enfoque CTSA, añadiendo la A de *ambiente* (Vilches et ál., 2010).

Ahora bien, entender la interacción entre ciencia y tecnología tampoco es fácil, y una falta de comprensión puede llevar a dificultades de enseñanza y aprendizaje. Según Solbes (2003), pocos estudiantes pueden comprender dicha interacción, porque los cursos donde se enseñan estos conocimientos enfocan la tecnología como ciencia aplicada, como sucedió en el Renacimiento, cuando Galileo aplicó la teoría del movimiento parabólico en el lanzamiento de proyectiles; también consideran a la ciencia independiente de la tecnología, por lo que es difícil comprender que los avances actuales de las ciencias se debe, entre otras cosas, al desarrollo de sofisticados instrumentos cada vez más sensibles.

Así, surge un cuestionamiento propio de la didáctica de las ciencias sobre cómo enseñar un conocimiento de la CTSA para desarrollar una alfabetización tecnocientífica, donde se aprenda a valorar el papel que cumple la ciencia y la tecnología en la sociedad y el ambiente. De acuerdo con Martín (2005), dicha mirada se sustenta porque la alfabetización tecnocientífica no puede suponer solamente el conocimiento del lenguaje propio de las disciplinas científicas. Los valores, que remiten a un mundo de significados sociales, y los aspectos del contexto, que permiten comprender por qué y para qué han sido desarrollados los productos tecnocientíficos, son también

elementos imprescindibles de una verdadera alfabetización en ciencia y tecnología. En consecuencia, surge otro interrogante: ¿Cómo articular los contenidos de enseñanza del currículo tradicional con el enfoque CTSA?

Con relación a lo anterior, una de las acciones de pensamiento en los EBC para los grados de octavo a noveno (jóvenes entre los 13 y 15 años), en la columna de “conocimiento de la CTS”, es que puedan explicar la relación entre ciclos termodinámicos y el funcionamiento de motores. A pesar de que esa acción de pensamiento reduce el sentido del enfoque CTSA, pues solo se sugiere el componente tecnocientífico y no social y ambiental, el estudio de la termodinámica, desde los conceptos de gases ideales, calor y primera ley de la termodinámica, pueden resultar como injertos para contextualizar problemáticas sociales y ambientales (Osorio, 2002).

Además, situaciones controversiales actualizadas, donde se relacionan los motores de combustión interna, son una excelente excusa para iniciarse en la enseñanza de actitudes tecnocientíficas, no solo porque la enseñanza de la termodinámica comienza en los grados octavo y noveno, sino porque estas máquinas tienen un referente sin presente en la historia de la ciencia que cambió el rumbo de la humanidad por ser la *materia prima* que impulsó la Revolución Industrial; incluso, en la actualidad es una problemática discutible porque el uso exponencial de estos motores están deteriorando dramáticamente la salud humana y al ambiente. Sin embargo, para que un estudiante pueda discutir el componente social y ambiental de estos motores, debe tener, al menos, un conocimiento básico de los principios que rigen su funcionamiento, por eso resultan necesarios los injertos.

Fundamentación teórica

Para comprender los resultados que se obtuvieron en esta investigación, es necesario reconocer algunos elementos teóricos y epistemológicos sobre la teoría cinético-molecular y el concepto de *calor*, ya que son la base para explicar los ciclos termodinámicos y el funcionamiento de un motor de combustión interna, además resulta propicio reconocer las dificultades de aprendizaje que tienen algunos estudiantes sobre ello, ya que coinciden con las ideas ingenuas que tenían los científicos cuando empezaron a estudiar estos principios, leyes y teorías (Viennot, 1979; Driver et ál., 1985, citados por Izquierdo et ál., 2016); y es evidente que estas posibles dificultades obstaculicen la apropiación de discusiones CTSA y por ende, sus propias concepciones. Del mismo modo, se expondrá cuál es la problemática actual por el uso de algunos motores de combustión interna y el fundamento teórico de la aplicación del enfoque CTSA para el currículo colombiano.

Sobre la teoría cinético molecular de los gases

La idea que se tiene actualmente sobre el comportamiento de los gases es muy diferente a la que se tenía hace más de dos siglos, pues concebir el gas como un agregado de partículas que se mueven libremente y al azar no cabría en la mente de científicos mecanicistas, porque lo más próximo que podrían creer era que las partículas podrían vibrar alrededor de posiciones fijas, captadas por el *calórico*. Incluso Dalton en su publicación sobre la teoría atómica (1808), no llegó a admitir el movimiento intrínseco de los átomos, ni el concepto de vacío (Blanco et ál., 2010). Sin embargo, la hipótesis de Torricelli (1608-1647) sobre el mar de aire que nos rodea y que fue contratada por Blaise Pascal (1623-1662), fue el primer paso para explicar propiedades macroscópicas de los gases a nivel microscópico (García, 2009).

Una explicación al comportamiento sobre las propiedades microscópicas de los gases lo proporciona Boyle en 1660. Para él, el aire está compuesto de una multitud de pequeños cuerpos que, descansando unos sobre otros, actúan como muelles, y cuya capacidad para resistir la compresión es la que le proporciona su elasticidad (Casado, 1999). Pero fue Daniel Bernoulli quien intentó modelizar estas propiedades aplicando las ecuaciones de movimiento de Newton a las moléculas que componen el gas; según Holton (1993, citado por Blanco et ál. 2010), Bernoulli imaginaba en su modelo que los corpúsculos de un gas poseían movimiento rápido en todas las direcciones, chocaban unos con otros y también con las paredes del recipiente, de modo que la presión de un gas sobre las paredes del recipiente se debería al incesante choque de millones de estos corpúsculos. Lamentablemente su trabajo parece haber sido ignorado por más de un siglo (Newman, 1960, p. 774).

Pero a la humanidad le correspondió esperar más de un siglo para que las ideas de Bernoulli cobraran el lugar que les correspondía, a pesar de que durante ese tiempo diferentes científicos como John Herapath (1790-1869), John James Waterston (1811-1883) y James Prescott Joule (1818-1889) compartían ideas similares pero incomprendibles para los científicos de la Royal Society, pues aún estaban impregnadas las teorías mecanicistas.

De acuerdo con Blanco et ál. (2010), los trabajos matemáticos necesarios para realizar ensayos cuantitativos de esta teoría en función de datos experimentales serían realizados en muy poco tiempo, a partir de 1857, por Rudolf Clausius (1822-1888), en Alemania; James Clerk Maxwell (1831-1879), en Inglaterra, y Ludwig Boltzmann (1844-1906), en Austria. Todos ellos construyeron un modelo poco mecanicista y más probabilístico cuando se trata del movimiento azaroso de las partículas que componen un gas.

Diferentes estudios han identificado algunas dificultades de aprendizaje que se aproximan a las concepciones que tenían los científicos sobre este modelo. Por ejemplo, Domínguez et ál. (1998, citados por Furió, 2000), identificaron que los estudiantes consideraban que las partículas se podían dilatar, tal cual como lo pensaba Dalton, quien afirmaba que los átomos eran dilatables con el calor (Benarroch, 2000); también Yopez (2015) encontró que los estudiantes no percibían una relación directa entre las variables como la temperatura y la presión con el movimiento de las partículas que componen los gases, es decir, los estudiantes se parecían a los científicos mecanicistas que no aceptaban la idea del movimiento caótico de las partículas que explicaba no solo la temperatura, sino que también la presión del gas que lo compone.

Sobre el concepto de calor

El concepto de *calor* que se tiene actualmente fue consolidado gracias al desarrollo de la teoría cinético molecular, pues a partir de ella se pudo establecer que el calor está relacionado con la energía del movimiento de las moléculas y no como un fluido llamado *calórico*. Sin embargo, y como se mostrará más adelante, el error conceptual que se tenía de *calor* no fue un problema para que Carnot encontrara cuál era la máquina térmica más eficiente que podía permitir la naturaleza, pero sí fue un problema para explicar por qué el *calórico* se degradaba, tal como lo demostró Joule (Furió-Gómez et ál., 2007).

Es natural que los conceptos científicos hayan cambiado en el transcurso de los años, pues cada vez se comprende mejor los fenómenos que gobiernan la naturaleza. Así, el concepto de *calor* paso por el nombre de *alcahesto*, luego *flogisto*, y después por el *calórico*, cada uno con una interpretación intuitiva particular, pero tienen en común la idea de una sustancia, ya sea partícula o fluido, que está presente en las transformaciones de la materia; por ejemplo, Lavoisier consideró en 1776 el *calórico* como un fluido invisible que entraba y salía de una sustancia, aumentando o disminuyendo su temperatura (Camelo y Rodríguez, 2008).

Es justamente aquí cuando se asocia esta idea a las diferentes dificultades de aprendizaje que mantienen los estudiantes en el aula de clase. Por citar un ejemplo, Pro (2003) identificó que los estudiantes consideran el calor como un fluido que se cede o se gana. Pero esta dificultad de aprendizaje también se relaciona con las ideas de Carnot, pues él tuvo que recurrir a ellas para explicar la máxima eficiencia de una máquina térmica.

De acuerdo con Forero (2013), Carnot usa la analogía del funcionamiento de una máquina térmica con una rueda de molino para explicar su eficiencia. Según ella,

así como en la rueda de molino se requiere de una fuente de agua a cierta altura y un desfogue a una altura menor, así la máquina térmica requiere un foco caliente y un foco frío. Entonces el trabajo en el molino es realizado por el agua al caer de un nivel al otro; de manera análoga, el trabajo realizado por la máquina térmica se debe a la caída de *calórico* del foco caliente al foco frío. En la rueda de molino, la máxima eficiencia se logra cuando no hay pérdida de agua. De una manera análoga, en la máquina térmica, la máxima eficiencia se logra cuando no hay pérdida de *calórico* en la transferencia de un foco al otro. (p. 474)

Este razonamiento lleva a Carnot a pensar erróneamente que el *calórico* se conserva, pero 20 años después los experimentos de Joule sobre el efecto Joule *del calor* contradice esta idea al plantear que el calor se podía producir de manera inagotable haciendo un trabajo de fricción y que, por tanto, la energía se degradaba (Furió-Gómez et ál., 2007). Sin embargo, hay que recordar

que para esta época (mediados del siglo XIX), y que se mencionó en el apartado anterior, se empezó a comprender la naturaleza microscópica de la materia a partir de la teoría cinético-molecular y Rudolf Clausius (1822-1888), quien entiende dicha teoría, analiza la relación entre el trabajo y el calor realizado sobre un sistema, considerando que lo que cambia es la energía interna en las interacciones mecánica y térmica entre este sistema y otro externo. Esta relación fue considerada como *la primera ley mecánica del calor* (Pérez, 2007) o *primera ley de la termodinámica*. Así pues, los resultados del estudio de Carnot se considerarán válidos, pero modificando la hipótesis de la conservación del calórico por el principio de conservación de la energía total en un sistema aislado.

Sobre el concepto CTSA

Hasta aquí se ha mostrado un panorama general para reconocer que el desarrollo científico y tecnológico de la termodinámica abrió un capítulo sobre los motores de combustión interna, y como consecuencia ha traído controversias por el impacto que ha generado y genera en la sociedad y en el ambiente.

Así, conocer, entender y discutir dichas controversias para tomar decisiones responsables es uno de los fines del enfoque educativo CTSA, ya que este es definido como un ámbito de trabajo académico cuyo objeto de estudio está constituido por los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología, tanto en lo que concierne a los factores sociales que influyen sobre el cambio científico-tecnológico como en lo que atañe a las consecuencias sociales y ambientales (González et ál., 1996).

En los últimos años la enseñanza utilizando el enfoque CTSA ha retado fuertemente el *statu quo* del currículo en la educación en ciencias

y América Latina se ha introducido fuertemente en este proceso, pero bajo la constitución de un campo de conocimiento y no hacia una formación de un movimiento social. De hecho, Quintero (2010) afirma que se requiere de propuestas académicas que ayuden a fortalecer el enfoque CTSA en América Latina; situación que hace de las propuestas investigativas, diseño, experimentación y evaluación de materiales curriculares para la formación en la alfabetización tecnocientífica, un aspecto necesario y útil para el fortalecimiento del modelo alternativo CTSA. Cabe recordar que Colombia se encuentra en un proceso de construcción, donde su fuerte es el enfoque sociohistórico y filosófico, pero no desde el campo de la investigación en el aula y las políticas públicas (Osorio, 1999, citado por Quintero, 2010).

A nivel de la educación secundaria, las diferentes propuestas CTSA pueden clasificarse en tres grupos (Waks, 1990; Kortland, 1992; Sanmartín y Luján, 1992, citados por Osorio, 2002): injertos CTSA, ciencia y tecnología a través de CTSA, y CTSA pura. Sin embargo, Osorio (2002) recomienda los injertos CTSA para los currículos de secundaria en los países latinoamericanos debido a la actual atomización de las ciencias. Dicho programa consiste en dar continuidad a los contenidos de las ciencias naturales de forma contextualizada con aspectos de la naturaleza de la ciencia y sus implicaciones con la tecnología y la sociedad, así como el papel de los científicos y de los ciudadanos en las decisiones relacionadas con el desarrollo tecnocientífico (Osorio, 2002).

Sobre la evaluación y control del enfoque CTSA, Gómez et ál. (2008) plantean las siguientes premisas que se deben tener en cuenta para la participación pública.

1. Se considera que el desarrollo científico-tecnológico depende no solo de la propia ciencia o tecnología, sino que

también se deben considerar factores culturales, políticos, económicos, etc. (Sociedad-ambiente modelando la tecnociencia).

2. El cambio científico y tecnológico tiene importantes efectos en las formas de vida, la sociedad y la biosfera. (Tecnociencia modelando la sociedad y la naturaleza).
3. Las sociedades contemporáneas comparten un compromiso democrático básico, en el sentido de admitir el juego de las mayorías y asumir el diálogo como forma de relación social.

De las premisas anteriores se concluye que se debe promover la evaluación y control social del desarrollo científico y tecnológico. Esto significa proporcionar las bases educativas para una participación social y también crear los mecanismos institucionales que hagan posible tal participación. En este sentido, lo que se muestra a continuación es una investigación que pone en práctica un diseño basado en un injerto CTSA, donde se busca la participación pública para profundizar en el campo de la educación en el aula.

Metodología

Contexto de la población y diseño del estudio

La investigación se realizó con la asignatura de física-2016, en el Instituto de Excelencia Humana y Académica (IDEHA), de carácter privado que enseña en los niveles de básica secundaria y media, ubicada en la ciudad de Neiva. La mayoría de los estudiantes son de estrato socioeconómico medio, habitan diferentes sectores de la ciudad próximos al barrio Altico. En esta institución se enseña, a partir del grado noveno, física, química y biología de forma separada; sin embargo, y a pesar que en los grados inferiores se enseña ciencias naturales, esta área se transmite de forma atomizada y dogmática, donde se dispone, por lo general, un periodo académico de aproximadamente dos meses para enseñar cada disciplina científica; sumado a esto, en pocas ocasiones los estudiantes han tenido la oportunidad de discutir aspectos CTSA.

Esta investigación es un estudio de caso descriptivo, con enfoque cualitativo y un diseño no experimental que, según Bernal (2010), se caracteriza porque no se presenta manejo de variables, no hay asignación aleatoria de los sujetos participantes de la investigación, ni tampoco hay grupo control; solo se describe el comportamiento de los participantes en su medio natural. Así, el grupo al que se aplicó esta investigación fue a 14 estudiantes (8 hombres y 6 mujeres) del grado noveno, que tienen edades entre los 14 y 16 años.

Lo que se describió en esta investigación fue las concepciones CTSA cuando los estudiantes se enfrentan a situaciones controversiales sobre los conceptos de gases ideales, primera ley de la termodinámica y máquinas térmicas, los cuales fueron categorizados en concepciones ingenuas (EI), plausibles (EP) y adecuadas

(EA), debido a que estas categorías responden a una construcción empírica y no a un rasgo arbitrario controlado por el investigador (Manassero et ál., 2004).

Hay que aclarar que cada concepto se presentó como injerto CTSA, es decir, antes de discutir una situación controversial, se exploró de manera cualitativa, a partir de experimentos demostrativos, los conceptos explícitos que intervienen en estas situaciones; además se implementaron lecturas y videos sobre el aporte tecnológico, entendidos como meros artefactos donde se han aplicado estos conceptos científicos¹. En la tabla 1 se puede observar la relación de estos injertos con las preguntas controversiales CTSA.

Aunque las categorías mencionadas ya han sido utilizadas en cuestionarios estandarizados de opinión CTSA para medir *actitudes* a muestras grandes, como lo son el VOSTS (opiniones sobre ciencias, tecnología y sociedad) o el COCTS (cuestionario de opinión sobre ciencias, tecnología y sociedad) (Manassero et ál., 2004), fue necesario recurrir a cuestionarios de preguntas abiertas, pues aportan mayor riqueza de datos y son metodológicamente pertinentes para el tamaño de nuestra muestra de estudio. Entonces, para no sesgar las interpretaciones del investigador respecto a los registros obtenidos, se tuvieron en cuenta criterios generales de los cuestionarios de opinión CTSA y algunas opiniones de expertos que se describen a continuación.

Tabla 1. Relaciones CTSA a partir de injertos termodinámicos

Tema general	Conceptos científicos	Artefactos tecnológicos	Preguntas controversiales CTSA
Gases ideales	Fuerza y presión. Presión atmosférica.	Neumática como solución a la industria alimentaria.	1. ¿En un futuro, la prensa neumática tenderá a reemplazar por completo la actividad laboral de las personas o siempre necesitará de ellas? De ser así, ¿qué consecuencias traería para la humanidad?
	Temperatura. Ley de Boyle. Ley de Charles. Ley de Gay-Lussac.	Producción y control de un gas industrial.	2. Si nuestros antepasados no necesitaron gases a nivel industrial, entonces, ¿por qué en la actualidad se producen dichos gases?
Primera ley de la termodinámica	Calor y temperatura. Trabajo y temperatura. Transferencia de calor	Yacimientos geotérmicos.	3. ¿Es viable la producción de energía geotérmica para nuestra sociedad actual?
Máquinas térmicas	Ciclos térmicos	Predicción de huracanes con sondas geoespaciales.	4. ¿Qué políticas implementarías para evitar pérdidas de vida en regiones azotadas considerablemente por huracanes de gran magnitud?
		Máquina a vapor.	5. ¿Qué aspectos positivos y negativos trajo la máquina a vapor a nuestra sociedad?
		Motor de combustión interna 2T y 4T.	6. Pensando en las condiciones socioambientales en que vive actualmente el ser humano, y su tipo de demanda, a veces caprichosa, ¿qué motor de combustión interna (a gasolina 2T, a gasolina 4T y diésel 4T) debería implementarse para suplir nuestras necesidades en un futuro relativamente cercano?

Fuente: elaboración propia.

¹ Para observar los textos y videos utilizados, además de todas las opiniones a cada situación controversial se recomienda ingresar al enlace <https://termicacts.milaulas.com/> e ingresar con Usuario: visitante Contraseña: Visitante-01

Los criterios de la categoría de concepción *ingenua* (EI) son aquellas respuestas, concepciones u opiniones con pocas relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente; y si logra mencionar alguno(s) de ellos, no se expresa un argumento o postura clara. También se consideró una concepción ingenua cuando se mantiene una actitud negativa hacia la ciencia y la tecnología.

Las concepciones *plausible* (EP) son aquellas respuestas, concepciones u opiniones donde se reconocen algunas relaciones CTSA, sin embargo, se mantienen ideas ingenuas sobre estos componentes, por ejemplo, entender el ambiente como un problema conservacionista o ecologista y no como un territorio en conflicto, donde se afecta directamente situaciones adversas que ponen en peligro la supervivencia humana (Paredes y Oliveira, 2018); o considerar que el desarrollo científico-tecnológico depende no solo de la propia ciencia o tecnología, sino que también se deben tener en cuenta factores culturales, políticos, económicos (Gómez et ál., 2008). Además, una concepción plausible es cuando se percibe una actitud positiva frente a la ciencia y la tecnología, basada en argumentos.

Las concepciones *adecuadas* (EA) son aquellas respuestas, concepciones u opiniones donde se reconocen algunas relaciones CTSA, evitando la ingenuidad de cada uno de estos componentes. Además, se percibe una actitud positiva frente a la ciencia y la tecnología, basada en argumentos y una postura crítica.

Resultados

A continuación, se presentan textualmente, y a modo de ejemplo, algunas concepciones que tienen los estudiantes frente a las preguntas controversiales descritas en la tabla 1; seguido de ello, se hace una breve descripción de las dificultades de aprendizaje que persisten con los conceptos científicos trabajados y que en muchos casos coinciden con ideas de científicos en momentos históricos; también se muestran algunos apartes generales importantes.

Sobre la pregunta 1 se encontraron respuestas como:

EI: “Las remplazaría por completo, ya que seríamos inútiles ante ellas. Como consecuencia, ya dependería la humanidad de una máquina y no seríamos autosuficientes para nuestro propio bienestar”.

Este estudiante solo ve la tecnología como un objeto que funciona autónomamente, que persigue un propósito negativo para la humanidad. Por otra parte, se puede inferir que el estudiante cree que la tecnología, pensada como artefacto, no mejora nuestra calidad de vida, ya que no seríamos autosuficientes al hacer uso de ella.

EP: Nunca los reemplazará, lo que producirá es que reducirá el tiempo del trabajo pues siempre se necesitará de alguien que ayude a la creación y proceso de las prensas neumáticas para que así cada vez se pueda avanzar en esta clase de tecnología. Las consecuencias están en la parte del mantenimiento, reduce el tiempo del proceso y en la economía que trae esta.

Este estudiante reconoce que la tecnología está en constante cambio, la cual es adaptada según las necesidades sociales. Sin embargo, no es consciente del impacto que puede traer la eficiencia técnica a la sociedad, pues una reducción del tiempo de producción de un objeto lleva a lo que se conoce como *plusvalía*, donde solo se beneficia el dueño de la fuerza de producción.

Con respecto a la descripción de la primera temática, que relacionó los gases ideales desde experimentos demostrativos con una perspectiva CTSA, se pudo reconocer que algunos estudiantes mantienen algunas dificultades de aprendizaje en cuanto a:

- Considerar que, al comprimir un gas, sus moléculas se vuelven más pequeñas.
- Desconocer la existencia del efecto de la presión atmosférica, porque según ellos, un gas pesa poco como para aplastar objetos (por ejemplo, una botella de plástico).
- Desconocer las propiedades de los gases ideales descritas en la ley de Boyle y Gay-Lussac, cuando se ponen casos de la vida real.
- Pensar que un globo de mayor tamaño tiene más presión que otro de menor tamaño.
- Afirmar que las moléculas se mueven más lento cuando mayor es la temperatura.

También hay una fuerte tendencia de concepciones CTSA ingenuas y plausibles, solo una décima parte se pueden encontrar concepciones adecuadas. Esto se debe a que en la mayoría de los casos se percibieron opiniones sobre la tecnología como artefactos que se desarrollan por sí solos, independientes de las necesidades sociales, mostrando así una actitud

negativa hacia ella, pues afirman que “la tecnología termina reemplazando al ser humano, volviéndolo inútil y dependiente de ella”.

Sobre la pregunta 3 se encontraron respuestas como:

EI: “Más o menos, a largo plazo iría perdiendo calor el centro de la tierra”.

Es evidente que en esta respuesta no se establece ninguna relación del componente social y ambiental; además hay una idea ingenua sobre los procesos geotérmicos, lo que limita argumentos socioambientales.

EA: La energía geotérmica es viable porque es una fuente que evitaría la dependencia energética del exterior; los residuos que produce son mínimos y ocasionan menor impacto ambiental que los originados por el petróleo o el carbón; no está sujeta a precios internacionales, sino que siempre puede mantenerse a precios nacionales o locales, por eso implica un sistema de gran ahorro, tanto económico como energético; por último, el área de terreno requerido por las plantas geotérmicas por megavatio es menor que otro tipo de plantas; no requiere construcción de represas, tala de bosques, ni construcción de tanques de almacenamiento de combustibles.

Este estudiante tiene una visión más amplia frente al impacto que puede traer el uso de la energía geotérmica a la sociedad y el ambiente, ya que no solo considera aspectos conservacionistas como la disminución de talas de árboles, o el abuso de grandes extensiones de tierra, sino que establece un vínculo con el sector económico, donde involucra su adaptación según las necesidades de la población.

En la segunda temática que hace referencia a los conceptos relacionados con la primera ley de la termodinámica, abordados

desde experimentos demostrativos, y su relación con aspectos CTSA, se pudo percibir algunas dificultades de aprendizaje como:

- No comprender el equilibrio térmico cuando se mezcla agua a diferente temperatura.
- Desconocer relaciones entre calor y temperatura, y calor y energía.
- Pensar que los colores atraen la energía, cuanto más oscuro, más calor puede atraer.
- No concebir que la energía interna de un sistema se puede mantener a pesar de que se agregue calor.
- Considerar que la energía interna de un sistema adiabático puede aumentar si se hace trabajo sobre él.
- Creer que la energía interna de un sistema adiabático baja cuando se realiza trabajo sobre ella.

Respecto a las relaciones CTSA se pudo observar una gran tendencia hacia concepciones adecuadas y plausibles en cuanto a la pregunta controversial 3, pero esta situación cambia drásticamente en la pregunta 4, la cual tenía como propósito involucrar el aspecto político como mecanismo legal y participativo para transformar a la sociedad y el ambiente.

En la mayoría de los casos, los estudiantes conciben la política como una especie de reglamentos o normatividades *preventivas*, que se proponen a corto plazo para amortiguar crisis socioambientales, donde se evidencia la escasa relación entre ciencia, tecnología y política; y el gran distanciamiento hacia nociones de políticas públicas. A continuación, se muestra un ejemplo de este tipo de concepciones ingenuas.

EI: tener un resguardo con provisiones de alimentos no perecederos, kits de primeros auxilios, medicina, linternas y todo lo que le pueda ayudar a pasar el huracán en óptimas condiciones de vida.

Sobre la pregunta controversial 5 se encontró que:

EI: La máquina a vapor trajo con sígo muchas cosas buenas como los cambios tantos tecnológicos, económicos y hasta sociales, y es bueno porque a raíz de eso el trabajo se ha facilitado, pero también trajo cosas negativas y es el desplazamiento de trabajadores.

Aquí se perciben, de forma aislada y carentes de explicación, aspectos tecnológicos, económicos y sociales debido a la incorporación de la máquina térmica, solo reconoce el impacto social desde el punto de vista del desempleo.

En la última temática trabajada sobre las máquinas térmicas, teniendo en cuenta la misma dinámica de trabajo que se ha venido abordando, se identificaron las mismas dificultades de aprendizaje que ha manifestado Pro (2003), ya que los estudiantes no logran explicar correctamente los ciclos termodinámicos porque

confunden los conceptos que están implícitos, además que no razonan sobre el enfriamiento de los sistemas termodinámicos. Sumado a ello, y de acuerdo con Yopez (2015), los estudiantes no encuentran una relación directa entre las variables temperatura y presión con el movimiento de las partículas que componen los gases (sustancia carburante), por lo que carecen de interpretaciones adecuadas de gráficas de presión en función del volumen.

Lo anterior ha ocasionado, por lo menos en la pregunta 6, la poca apropiación de explicaciones tecnocientíficas a la hora de discutir situaciones controversiales sobre los motores a combustión interna; sin embargo, han podido, de manera argumentativa, abordar estas situaciones adecuada y plausiblemente a la hora de tomar decisiones responsables en cuanto al uso de un motor, ya que han evaluado todos los componentes socioambientales. Sin embargo, insisten en expresar el componente tecnológico de forma reduccionista; por ejemplo: “mejoras como la inyección directa”, “mejoras tecnológicas para evitar el consumo de gasolina”, “implementar tecnologías adecuadas para mejorar su potencia”.

Consideraciones finales

Los resultados de esta investigación muestran algunas concepciones ingenuas, plausibles y adecuadas en cuestiones de CTSA, utilizando como injertos, conceptos de la termodinámica que propone el currículo colombiano. Esto es una alternativa en el campo de la enseñanza de la ciencia, porque, de acuerdo con Quintero (2010), el estudiante debe encontrar una aplicación inmediata de los conceptos científicos que aprende, no solo para que adquiera una alfabetización tecnocientífica, sino para que genere un civismo democrático, que le sirva para la vida. Por esta razón, se insiste en buscar situaciones controversiales

creativas que le permitan al estudiante discutir, argumentar, proponer soluciones y tomar decisiones responsables frente al uso de la ciencia y la tecnología.

Pero las situaciones controversiales a partir de preguntas orientadoras no son la única alternativa para trabajar estos injertos; por ejemplo, autores como Martín y Osorio (2003) plantean los juegos de roles, en los que a partir de una noticia real o hipotética recrean la esencia del momento en el que se discuten aspectos de CTSA. Incluso Sabka (2016), usó esta alternativa para enseñar, desde la historia de la Revolución Industrial inglesa, que la máquina térmica no solo puede entenderse como un artefacto tecnológico, sino como un precursor de conflictos sociales; además, el juego de roles ayuda a recrear los conflictos de una posición social diferente del estudiante (por ejemplo, la posición del obrero de una fábrica).

Aunque en esta investigación se tomó la tecnología como aplicación de la ciencia, esta no debe reducirse a ello. Osorio (2003) define la tecnología como un sistema complejo que integra, no solo elementos técnicos, sino conocimiento, procesos organizativos, representaciones culturales y valores, los cuales son aplicables en sistemas materiales y sociales. Por su parte, García (2001) aclara que la ciencia y la tecnología avanzan de manera simultánea debido a que están estrechamente relacionadas (son como una simbiosis), y ambas son responsables del cambio social y ambiental. Por esto es importante introducir otros ejemplos que ayuden a contextualizar al estudiante en una visión abarcadora de lo que significan las relaciones CTSA.

A pesar que algunos estudiantes mostraron una actitud negativa hacia la tecnología, la mayoría mantienen actitudes positivas, de hecho, hubo una tendencia hacia pensamientos ambientalistas, es el caso de Vázquez y

Manassero (2009), quienes identificaron en la mayoría de estudiantes que ellos encuestaron actitudes generales ecológicamente favorables y expectativas positivas respecto a la solución de los desafíos medioambientales, basadas en la acción concertada de todos para encontrar las soluciones más apropiadas.

En este sentido, parte de estas actitudes favorables pueden resultar del enriquecimiento de diálogos a partir de las situaciones controversiales trabajadas en el aula; sin embargo, estos diálogos pueden estar impregnados de concepciones ingenuas y reduccionistas que surgen, probablemente, de errores conceptuales que coinciden con las ideas ingenuas que manejaban los científicos a través de la historia de la ciencia, en este caso atribuir propiedades macroscópicas de la materia al mundo microscópico y considerar *calor* como sustancia que se cede o se gana. Por ello, se recomienda tener en cuenta la historia y epistemología de las ciencias para abordarlas en el aula, por ejemplo, a través de experimentos demostrativos, con el fin de tener discusiones enriquecidas en términos de alfabetización tecnocientífica.

Referencias

- Benarroch A. (2000). La teoría cinético-corpúscular de la materia y su justificación en el curriculum obligatorio. *Publicaciones*, 30, 149-167.
- Blanco, A., Ruiz, L. y Prieto, T. (2010). El desarrollo histórico del conocimiento sobre las disoluciones y su relación con la teoría cinético-molecular. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 447-458.
- Casado, J.M. (1999). La teoría cinética antes de Maxwell. *Argumentos de Razón Técnica*, 2, 97-120.
- Camelo, F.J y Rodríguez, S.J. (2008). Una revisión histórica del concepto de calor: algunas implicaciones para su aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 23, 67-77.
- Forero, S.M. (2013). Sadi Carnot, el ciclo ideal. *Latin-American Journal of Physics Education*, 7(3), 473-477.
- Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300-308.
- Furió-Gómez, C., Solbes, J. y Furió-Mas, C. (2007). La historia del primer principio de la termodinámica y sus implicaciones didácticas. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 461-475.
- García, E.M. (2001). Ciencia tecnología y sociedad (modulo 0). Curso experimental del enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias. Organización de Estados Iberoamericanos (OEI).
- García, G.A. (2009). *Historia de las ciencias en textos para la enseñanza de la neumática e hidrostática*. Editorial universidad del Valle.

- Gómez, F.J., Durlan, C., Cáceres, S. y Mendi-zábal, G.A. (2008). La participación pública en el contexto de los proyectos tecnológicos. *Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 4(10), 139 -157.
- González, M., López, J., Lujan, J. Martín, M. y Osorio, C. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Tecnos.
- Izquierdo, M., García, A., Quintanilla, M. y Adú-riz, A. (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Manassero, A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2004). Evaluación de las actitudes del pro-fesorado respecto a los temas CTS: nuevos avances metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 299-312.
- Martín, M. (2005). Cultura científica y parti-cipación ciudadana: materiales para la educación CTS. *Revista CTS*, 2(6), 123-135.
- Martín, M. y Osorio, C. (2003). Educar para participar en ciencia y tecnología. Un pro-yecto para la difusión de la cultura científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 32, 165-210.
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (1998). *Lineamientos curriculares: Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. Autor.
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2004). *Guía No. 7. Estándares básicos de com-petencias en ciencias naturales y ciencias sociales, Formar en ciencias ¡el desafío! Lo que necesitamos saber y saber hacer*. Autor.
- Newman, J.R. (1960). *The World of Mathematics* (vol. 2). Novello & Co.
- Osorio, C. (2002). La educación científica y tecnológica desde el enfoque en ciencia, tecnología y sociedad. Aproximaciones y experiencias para la educación secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 61-81.
- Osorio, C. (2003). *Aproximaciones a la tecnolo-gía desde los enfoques en CTS*. Organización de Estados Iberoamericanos (OEI). <http://www.oei.es/historico/salactsi/osorio5.htm>
- Paredes, J. y Oliveira, A. (2018). Preparing public pedagogies with ICT: The case of pesticides and popular education in Brazil. *Sustainability*, 10(10). <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/10/3377>
- Pérez, J.R. (2007). *La termodinámica de Carnot a Clausius*. Conferencia impartida en el curso “La ciencia europea antes de la Gran Gue-rra”, organizado por la Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. La Oro-tava (Tenerife) y las Palmas de Gran Canaria.
- Pro, A. (2003). La enseñanza y el aprendizaje de la física. En M. P. Jiménez (ed.), *Enseñar ciencias* (pp. 175-202). Graó.
- Quintero, C.A. (2010). Enfoque ciencia, tecnolo-gía y sociedad (CTS): perspectivas educativas para Colombia. *Zona Próxima*, 12, 222-239.
- Sabka, D.R. (2016). Uma abordagem CTS máquinas térmicas na revolução industrial utilizando o RPG como recurso didático. [Trabajo de grado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul].
- Solbes, J. (2003). Las complejas relaciones entre ciencia y tecnología. *Revista Ciencia y Tecnología*, 38, 8-20.
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2009). La rele-vancia de la educación científica: actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(1), 22-48.
- Vilches, A., Gil, D. P. y Praia, J. (2010). De CTS a CTSa: educación por un futuro sostenible. En W. L. Pereira y D. Auler (eds.), *CTS e educação*

científica. Desafios, tendências e resultados de pesquisa. Brasília: Editora Universidade de Brasília. https://www.researchgate.net/publication/312938041_De_CTS_a_CTSA_educacion_por_un_futuro_sostenible

Yopez, O. J. (2015). Aprendizaje del comportamiento físico químico de gases, desde el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas de descripción y explicación. *Horizontes Pedagógicos*, 17(1), 24-32.

Para citar este artículo

Marín, G. (2021). Algunas concepciones CTSA de estudiantes de noveno grado sobre conceptos termodinámicos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (49), 239-254. <https://doi.org/10.17227/ted.num49-8645>