

*ANÁLISIS DE CORTE HISTÓRICO PARA LA RECONTEXTUALIZACIÓN DEL  
TRABAJO DE CARNOT, ACERCA DE LA MÁQUINA TÉRMICA, EN LA  
ENSEÑANZA DE LA TERMODINÁMICA*

PRESENTADO POR: DORA LICETH SALINAS CARDONA

ASESOR: JUAN CARLOS CASTILLO AYALA

LÍNEA DE INVESTIGACION: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE UNA  
PERSPECTIVA CULTURAL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
LICENCIATURA EN FÍSICA

2018

*ANÁLISIS DE CORTE HISTÓRICO PARA LA RECONTEXTUALIZACIÓN DEL  
TRABAJO DE CARNOT, ACERCA DE LA MÁQUINA TÉRMICA, EN LA  
ENSEÑANZA DE LA TERMODINÁMICA*

TRABAJO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN FÍSICA

PRESENTADO POR: DORA LICETH SALINAS CARDONA

LÍNEA DE INVESTIGACION: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE UNA  
PERSPECTIVA CULTURAL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
LICENCIATURA EN FÍSICA

2018

## ***Agradecimientos***

*A mis padres, por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, por apoyarme durante este proceso arduo y por compartir mis alegrías y tristezas.*

*A mis hermanos, por hacer mis días más alegres, por las risas en los malos momentos, por su compañía y amor que me han fortalecido siempre.*


*A mi novio, por ser la persona que siempre está ahí para mí, por enseñarme a no desfallecer antes los obstáculos y por ser la persona que me incita a salir adelante.*

*A mi querido asesor Juan Carlos Castillo, por sus consejos, su conocimiento, su apoyo incondicional, sus enseñanzas, por confiar en mí siempre y sobre todo por su gran cariño y*  
**AMISTAD.**

*Finalmente, a mis amigos, especialmente a Dina Moreno, Julián Hernández, Stefania Tovar y Raquel Casadiegos, que fueron de vital importancia para que mi carrera terminara de la mejor manera posible. Los adoro muchísimo y espero seguir cumpliendo sueños a su lado.*

*“Siento una enorme gratitud por todos los que me dijeron “NO”,  
gracias a ellos lo hice yo mismo”*


*Albert Einstein*

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 6	


<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de Grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	Análisis de corte histórico para la recontextualización del trabajo de Carnot, acerca de la máquina térmica, en la enseñanza de la termodinámica
<b>Autor(es)</b>	Salinas Cardona, Dora Liceth
<b>Director</b>	Castillo Ayala, Juan Carlos
<b>Publicación</b>	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2018, 52 p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	MÁQUINA TÉRMICA; POTENCIA MOTRIZ; EQUILIBRIO; EFICIENCIA; CALÓRICO, REVERSIBILIDAD; TERMODINÁMICA; HISTORIA DE LAS CIENCIAS; RECONTEXTUALIZACIÓN; ANÁLISIS HISTÓRICO; ENSEÑANZA.

<b>2. Descripción</b>
<p>El trabajo investigativo se sitúa en el campo de la enseñanza de la termodinámica, como un análisis de corte histórico que aporta a la recontextualización de saberes en el ejercicio docente, en el que se resalta la importancia de la historia de las ciencias como un eje relevante en la estructuración de explicaciones y en la construcción de significados. Esto contribuye a que el maestro configure propuestas de enseñanza de las ciencias en donde relacione los problemas de conocimiento planteados en el aula, con las problemáticas que le dieron origen a los productos de la ciencia.</p> <p>En ese sentido, se busca realizar una reflexión en torno a la enseñanza de la termodinámica haciendo uso de las máquinas térmicas, ya que, como lo afirma Ordoñez (1987) “éstas tenían la posibilidad de enseñarnos algo acerca de la naturaleza física al ser productoras de potencia motriz”, vinculando así, la actividad científica con los criterios y organizaciones que pueda llegar a plantear el maestro en su actividad educativa.</p>

<b>3. Fuentes</b>
-------------------

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 2 de 6</b>	

- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posiç-oes*, 17(49), 19-37.
- Beltrán , D. (2008). *Significado físico de la entropía en la enseñanza de la termodinámica. Tesis de Pregrado*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Carnot, S. (1824). *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia y otras notas de carácter científico*. (J. Ordoñez, Trad.) Madrid: Alianza Editorial.
- Castillo, J. C. (2008). La historia de las ciencias y la formación de maestros: la recontextualización de saberes como herramienta para la enseñanza de las ciencias. *Rollos Nacionales* , 73-80.
- Díaz, M. (1988). PODER, SUJETO Y DISCURSO PEDAGOGICO: Una aproximación a la teoría de Basil Bernstein. *Revista Colombiana de Educación*(19), 107-118.
- Forero, S. M. (2014). *SADI CARNOT Y LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA. La Historia de la Ciencia como Pedagogía Natural*. Bogotá: Tesis para optar por el título de Doctor en Educación, Universidad Pedagógica Nacional .
- Granés, J., & Caicedo, L. M. (1997). Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de enseñanza: análisis de una experiencia pedagógica. *Revista Colombiana de educación*(34), 1-11.
- García , H. (12 de 12 de 2007). *Antoine Laurent Lavoisier. El investigador del fuego*. Ciudad de México: Editorial Pax México.
- Jaramillo, M. (2011). *Estudio del impacto de los conceptos fundamentales de la Termodinámica en el desarrollo de la máquina térmica y el surgimiento de la revolución industrial. (Tesis de Maestría)*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Marín , G. (2017). *Enseñanza de máquinas térmicas mediante el enfoque CTS. (Tesis de Maestría)*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Márquez, C. (2005). Aprender ciencias a través del lenguaje. *Educación (Guadalajara, Jal.)*(33), 27-38.
- Mathews, M. (1994). Historia, Filosofía y enseñanza de las ciencias: Una aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias*, Vol 12, Nº 2; 255-277.
- Ordoñez , J. (1987). Introducción, traducción y notas a Sadi Carnot. En S. Carnot, *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego* (págs. 1-32, 105-140). Madrid: Alianza.
- Orozco, J. C. (2005). Atajos y desviaciones. Los estudios histórico-críticos y la enseñanza de las

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 3 de 6</b>	

ciencias. *Universidad Pedagógica Nacional*, 1-13.

Pérez , J. (2007). La Termodinámica de Carnot a Clausius. *Conferencia impartida en el curso "La Ciencia Europea antes de la Gran Guerra", Las Palmas de Gran Canaria, España.*

Sarmiento, A. (2010). *Equilibración Térmica y flujo de calor: Un análisis para la enseñanza de la termodinámica. Tesis de Pregrado.* Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.


#### 4. Contenidos

El presente trabajo se desarrolla en tres capítulos. En el primer capítulo, se pone de presente las dificultades que la enseñanza habitual de las ciencias presenta en la comprensión de los fenómenos físicos, presentado como alternativa el uso de la historia de las ciencias en la enseñanza. Alrededor de ello, se estructuraron diversas posturas acerca de la importancia y las ventajas que trae consigo su utilización, así como también se evidencia cómo a través de la imagen de ciencia que se tenga se configuran el uso que se haga de la historia de las ciencias. En ese sentido, se plantea el uso de la historia de las ciencias como un aporte a la Recontextualización de saberes, orientación que se le ha dado al trabajo, por lo que se considera necesario mirar algunas de las formas de entender dicha Recontextualización.

En el segundo capítulo, se ubica históricamente el trabajo de Carnot y se hace un análisis de corte histórico alrededor de su obra “Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar dicha potencia”, con el fin de identificar los aspectos relevantes y las problemáticas que permitieron la consolidación teórica de la máquina térmica. Así, se logra evidenciar que lo importante para que haya producción de potencia motriz (trabajo) en una máquina térmica, es que se logre restablecer el equilibrio en el calórico mediante un dispositivo intermedio que transporte el calórico de una fuente de alta temperatura a una fuente de baja temperatura; así como también se resalta la importancia de los procesos.

En el tercer capítulo, se configuran los aspectos relevantes del trabajo de Carnot con el fin de realizar una recontextualización de saberes que permita poner en diálogo los problemas de conocimiento que se tenían alrededor de las máquinas térmicas con los problemas que habitualmente se tienen de enseñanza de la termodinámica y lograr la estructuración de nuevas formas de explicar y configurar el mundo físico.

Finalmente, se realizan unas consideraciones encaminadas a mostrar las posibilidades que ofrecen los análisis de corte histórico a los procesos de recontextualización de saberes, en la enseñanza de

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 4 de 6</b>	

la termodinámica para los maestros en ciencias.

### 5. Metodología


El enfoque del trabajo se encaminó a un análisis de corte histórico, que permitió situar las problemáticas y los eventos que dieron origen a los hallazgos de las ciencias y posibilitó realizar una reflexión con miras a aportar a la recontextualización de saberes para la enseñanza de la termodinámica.

En ese sentido, se realizó un estudio en el que se reflexionó sobre las consideraciones y planteamientos que se llevaron a cabo alrededor de las máquinas térmicas, centrado en el trabajo de Carnot “Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia y otras notas de carácter científico” desarrollado en las siguientes fases:

1. Identificar los aspectos relevantes del trabajo de Carnot, que le posibilitaron la consolidación teórica de la máquina térmica.
2. Realizar un análisis del trabajo de Carnot, con el fin de aportar a la recontextualización de saberes en la enseñanza de la termodinámica
3. Construir una reflexión acerca de las posibilidades que ofrecen los análisis de corte histórico, entendidos desde la recontextualización de saberes, para la enseñanza de la termodinámica.

### 6. Conclusiones

A partir del trabajo investigativo, fue posible evidenciar que alrededor de la importancia de la historia de las ciencias en la enseñanza, se han presentado diversas posturas y argumentaciones en torno al uso y a las ventajas que trae consigo abordarla. En el trabajo que se realizó, el enfoque en el cual se fundamentó el uso de la historia de las ciencias en la enseñanza tuvo que ver con poder identificar, a través de los textos originales de los científicos, elementos importantes para la elaboración de una reflexión para la enseñanza en el aula, enmarcadas en la posibilidad de establecer problemas de conocimiento o situaciones de estudio. Que posibilitó, aportar a la recontextualización de Saberes con el fin de vincular la actividad científica con la actividad de enseñanza, en donde no es posible separar el conocimiento de quienes lo elaboran y a partir del cual, se pudo estructurar algunas consideraciones en cuanto a la forma de enseñar la máquina térmica; Estableciendo así, un diálogo con los aportes y los problemas que Carnot planteó, y los

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 5 de 6</b>	


problemas de conocimiento que se pudieron identificar en cuanto a la manera en que la que es aborda la máquina térmica en los libros de texto.

Es importante aclarar que el maestro es quien establece las problemáticas a través de las cuales centrará su análisis y en ese orden de ideas, acude a los libros de texto con el fin de establecer un diálogo con el autor que le permita construir conocimiento, criterios y elaborar explicaciones, que después recontextualiza nuevamente para poder llevar al aula. En ese sentido, el rol del maestro cambia, en contraste con los roles que se le atribuyen en la enseñanza habitual, puesto que pasa de ser un sujeto que reproduce unos productos científicos a ser un sujeto que se encuentra inmerso en la actividad de producción de conocimiento, participando así, activamente del conocimiento científico, identificando, aspectos fundamentales de esa actividad científica, apropiándose de dicho conocimiento, y a su vez reconociendo no solo el contexto educativo en el cual desempeña su labor educativa sino también los problemas de conocimiento que allí se pueden generar. Para finalmente, realizar procesos de recontextualización y estructurar formas significativas de enseñar las ciencias.

Ahora bien, a partir del análisis de corte histórico que se hizo del trabajo de Carnot, alrededor de las máquinas térmicas, fue posible identificar aspectos relevantes relacionados específicamente con el restablecimiento del equilibrio térmico y los procesos a partir de los cuales se da dicho restablecimiento. En ese sentido, se logró vincular esos aspectos del trabajo de Carnot con los problemas de conocimiento que se establecieron alrededor de la manera en la que se aborda el estudio de las máquinas térmicas en los libros de texto habituales. Así, fue posible poner de presente que no es el desequilibrio térmico el que produce movimiento sino el restablecimiento de un equilibrio. Así, la imposibilidad de un contacto directo entre cuerpos a temperaturas diferentes juega un papel importante ya que está directamente relacionado con la pérdida de movimiento y a partir de los procesos térmicos que experimenta el medio, es que se puede lograr la máxima eficiencia en una máquina térmica.

Finalmente, a partir de los aportes que hace un análisis de corte histórico, del trabajo de Carnot, a los procesos de recontextualización de saberes pertinente para la enseñanza, es posible estructurar una enseñanza de la termodinámica articulada, tomando como problemática a tratar el funcionamiento de la máquina térmica y en efecto, los planteamientos de Carnot como base de apoyo. Tales planteamientos, posibilitan abordar estudios alrededor de la máquina térmica como los procesos reversibles y la irreversibilidad de los procesos (Segunda ley); la naturaleza del desequilibrio y el equilibrio térmico (Ley cero); la “conservación” del calor en el ciclo, ya que el calor que se utiliza para producir potencia motriz siempre retorna a su estado original, y la posibilidad de mirar el calor no solo en términos energetistas sino también a través del transporte



 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Calidad de la Educación</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 6 de 6</b>	

que efectúa para posibilitar la producción de movimiento; los procesos adiabáticos, isotérmicos; y por último, una aproximación a la temperatura absoluta (Tercera ley).

Lo realmente importante es que se puede articular el conocimiento y la enseñanza de la física en torno a una problemática general que permita que el estudiante comprenda los fenómenos físicos, construya explicaciones, se cuestione regularmente y se deje de lado esa enseñanza centrada en los contenidos que alejan el conocimiento físico de las realidades que vivimos y del mundo que nos rodea.

<b>Elaborado por:</b>	Salinas Cardona, Dora Liceth
<b>Revisado por:</b>	Castillo Ayala, Juan Carlos

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	19	07	2018
--	----	----	------

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	2
CAPÍTULO I .....	5
1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.1. Objetivo General .....	7
1.1.1. Objetivos Específicos.....	7
1.2. Revisión de Antecedentes .....	9
1.3. Acerca de la enseñanza de la termodinámica.....	12
1.4. El papel de la historia de las ciencias en la enseñanza.....	13
1.4.1. La imagen de ciencia y el papel de la historia de las ciencias en la enseñanza. 16	
1.4.2. El papel de historia de las ciencias desde nuestra perspectiva.....	17
1.5. La recontextualización de los trabajos de los científicos y sus posibilidades para la enseñanza de las ciencias .....	19
1.5.1. Recontextualización del trabajo de Carnot .....	26
CAPÍTULO II.....	29
2. UBICACIÓN HISTÓRICA Y ANÁLISIS DE CORTE HISTÓRICO DEL TRABAJO DE CARNOT.....	29
2.1. Restablecimiento del equilibrio en el calórico: Producción de potencia motriz.....	33
2.2. Del medio al proceso.....	38
2.3. Relación entre la diferencia de temperatura y la producción de potencia motriz .....	41
2.4. Concepción del calórico .....	43
CAPÍTULO III.....	46
3. REFLEXIÓN ACERCA DE LA RECONTEXTUALIZACIÓN DEL TRABAJO DE CARNOT PARA LA ENSEÑANZA DE LA TERMODINÁMICA .....	46
4. Consideraciones finales .....	51
Bibliografía .....	53

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Representación de la máquina de Carnot.....	33
Figura 2. Representacion restablecimiento del equilibrio en una máquina térmica.....	35
Figura 3. Diagrama del ciclo de Carnot establecido por Clapeyron.....	41

## INTRODUCCIÓN

Habitualmente la ciencia, en particular la física, es enseñada de tal manera que no resulta ser significativa para los estudiantes puesto que se centra en la reproducción de temas y contenidos desarticulados, descontextualizados, alejados de la experiencia y del contexto educativo, asumidos como una serie de contenidos impuestos y sin sentido. Además, en la enseñanza habitual, se resalta también, la sobrevalorización de las formalizaciones matemáticas en las que se confunde la comprensión de la física, con la habilidad de manipular ecuaciones y desarrollar ejercicios, dejando de lado el análisis, las reflexiones y la lógica conceptual que traen consigo los productos científicos.

En el caso de la termodinámica, a pesar de ser un campo que se constituye como una teoría de principios que establece las condiciones de posibilidad de los fenómenos naturales y responde a una diversidad de situaciones y fenómenos que posibilitan establecer numerosas problemáticas de estudio para la física y para su enseñanza (Ayala, Malagón , & Romero, 1998), se evidencian dificultades de comprensión por parte de los estudiantes, puesto que la manera en la que se enseña responde a unos ítems en donde se muestra de manera secuencial las leyes, acudiendo a casos idealizados, y en donde pareciera ser una termodinámica totalmente ajena a la experiencia diaria.

Alrededor de esta problemática, muchos maestros e investigadores han realizado diversas publicaciones y propuestas como alternativas de enseñanza de las ciencias. Algunas de ellas, encaminadas a hacer uso de la historia de las ciencias y la relación de ésta con los problemas de conocimiento que se suscitan en el aula, vinculan los contextos de producción de la ciencia con los contextos de enseñanza, y logran así, construir un horizonte de sentido a la física que se enseña.

A partir de lo anterior, surge como necesidad volver a los textos originales para situar las problemáticas y los eventos que dieron origen a los hallazgos de las ciencias y poder favorecer un escenario de comprensión en cuanto al pensamiento científico, crear espacios de significación y sentido y empezar a considerar la física como una relación permanente con la configuración de los fenómenos naturales a los cuales responde.

En ese orden de ideas, el trabajo investigativo se sitúa en el campo de la enseñanza de la termodinámica, como un análisis de corte histórico que aporta a la recontextualización de saberes en el ejercicio docente, en el que se resalta la importancia de la historia de las ciencias

como un eje relevante en la estructuración de explicaciones y en la construcción de significados, permitiendo así que el maestro configure propuestas de enseñanza de las ciencias en donde relacione los problemas de conocimiento planteados en el aula, con las problemáticas que le dieron origen a los productos de la ciencia.

Finalmente, en la investigación se busca realizar una reflexión para la enseñanza de la termodinámica haciendo un análisis de las máquinas térmicas ya que, como lo afirma Ordoñez (1987), éstas tenían la posibilidad de enseñarnos algo acerca de la naturaleza física al ser productoras de potencia motriz. Vinculando así, la actividad científica con los criterios y organizaciones que pueda llegar a plantear el maestro en su actividad educativa.

De esta manera, el presente trabajo se desarrolla en tres capítulos. En el primero, se pone de presente las dificultades que la enseñanza habitual de las ciencias presenta en la comprensión de los fenómenos físicos, presentado como alternativa el uso de la historia de las ciencias en la enseñanza. Alrededor de ello, se estructuraron diversas posturas acerca de la importancia y las ventajas que trae consigo su utilización, así como también se evidencia cómo a través de la imagen de ciencia se configura el papel de la historia de las ciencias en la enseñanza. En ese sentido, se plantea el uso de la historia de las ciencias como un aporte a la recontextualización de saberes, orientación que se le ha dado al trabajo, en donde se considera necesario mirar algunas de las formas de entender dicha recontextualización.

En el segundo capítulo, se ubica históricamente el trabajo de Carnot y se hace un análisis de corte histórico alrededor de su obra “Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar dicha potencia”, con el fin de identificar los aspectos relevantes y las problemáticas que permitieron la consolidación teórica de la máquina térmica. Así, se logra evidenciar que lo importante para que haya producción de potencia motriz (trabajo) en una máquina térmica, es que se logre restablecer el equilibrio en el calórico mediante un dispositivo intermedio que transporte el calórico de una fuente de alta temperatura a una fuente de baja temperatura; así como también se resalta la importancia de los procesos.

En el tercer capítulo, se configuran los aspectos relevantes del trabajo de Carnot con el fin de realizar una recontextualización de saberes que permita poner en diálogo los problemas de conocimiento que se tenían alrededor de las máquinas térmicas con los problemas que habitualmente se tienen en la enseñanza de la termodinámica y lograr la estructuración de nuevas formas de explicar y configurar el mundo físico.

Finalmente, se realizan unas consideraciones encaminadas a mostrar algunas posibilidades que ofrecen los análisis de corte histórico a los procesos de recontextualización de saberes, en la enseñanza de la termodinámica para los maestros en ciencias.

# CAPÍTULO I

## 1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la enseñanza habitual de las ciencias el conocimiento científico es presentado a los estudiantes como una serie de contenidos relacionados con los productos de la ciencia, muchas veces secuenciales y lineales, que en general no tienen que ver con la manera en la que se piensa sobre los fenómenos físicos y en donde no se suele hacer referencia a los procesos históricos de producción de dichos contenidos. Enseñanza habitual que, en algunos casos, sigue priorizando la reproducción de contenidos, en los que no se tiene relación con la experiencia de los estudiantes ni con el contexto de producción de conocimiento. Es así como se privilegia la enseñanza de las teorías, conceptos y especialmente de las ecuaciones, como herramientas de cálculo para la solución de ejercicios, y se deja de lado la enseñanza de los fenómenos físicos. Como bien lo afirma Campanario (1998, pág. 8) “Una consecuencia negativa que tiene la enseñanza tradicional ahistórica es que tiende a fomentar el aprendizaje arbitrario de la ciencia al eliminar las conexiones lógicas que existen entre el cuerpo de conceptos científicos y el conjunto de problemas a los que dan respuesta”.

Es así como se suele entender la enseñanza de la física como una imposición de contenidos aislados de la realidad. Por tal motivo es necesario que la enseñanza de la física comience haciendo evidente esa riqueza de fenómenos a los que puede dar respuesta, priorizando la comprensión y reflexión en torno a los fenómenos de estudio y fundamentándose en las problemáticas y consideraciones que dieron paso a toda esa conceptualización que se generó en los hallazgos de la ciencia.

Se busca entonces, encontrar en la enseñanza de la física un camino que abra la posibilidad de crear estrategias y propuestas de enseñanza en que se tenga en cuenta esa relación de los contextos de producción de la ciencia con los contextos de enseñanza y se logre así empezar a construir un panorama de sentido en su enseñanza. Una de esas propuestas se puede construir haciendo uso de la historia de las ciencias, de tal manera que se posibilite la relación que se mencionó anteriormente. “La historia de la ciencia constituye una especie de sitio ideal en el que es posible encontrar directamente los conceptos surgiendo de los problemas que les dieron origen” (Iparraguirre, 2007, pág. 423).

Hacer uso de la historia de las ciencias para la enseñanza de las ciencias, abre ese camino en el que se puede interactuar con los contextos de producción de conocimiento y enseñanza de ese conocimiento, para que así favorezca un escenario de comprensión por parte de los estudiantes en cuanto al pensamiento científico, se cree un espacio de significación y sentido para el estudiante y se considere la física como una relación permanente con la naturaleza y con los fenómenos naturales a los que responde. Como lo afirma Brush (1991) citando a Rutherford, Holton y Watson (1978) “Es importante ayudar a que los alumnos vean la física como una actividad humana maravillosamente multifacética, esto implica enseñarla con una perspectiva histórica y cultural” (pág. 171). Lamentablemente a la hora de enseñarla, el abordaje histórico es muy superficial y se cae en el error de confundir el uso de la historia de la ciencia en la enseñanza con algunos datos históricos, anécdotas llamativas e incluso una simple acumulación de datos bibliográficos a medio entender.

Esto desemboca en otra problemática, que en cierta medida se encuentra relacionada con la enseñanza ahistórica de las ciencias, y tiene que ver con los recursos que se utilizan en la enseñanza. La mayoría de docentes a la hora de dar sus clases utilizan como guías libros de texto diseñados para la enseñanza de las ciencias, que muchas veces solo proporciona una pequeña parte del problema general que se trató en una época determinada por algunos científicos, mencionando consideraciones que se hicieron en cuanto al fenómeno en cuestión, para luego reducirlo en una definición y una ecuación que es lo que se espera que el estudiante aprenda. Finalmente, la manera de evaluar si un estudiante aprendió, es asignándole una serie de ejercicios de verificación al final de cada capítulo. Orozco (2005) afirma:

Si algo caracteriza los textos que circulan usualmente en las aulas de Educación Básica y Media es su implícito desconocimiento de la historia de la ciencia que pretenden difundir y, de paso, la ausencia de consideraciones fundadas y rigurosas respecto a la actividad que hizo posible la construcción de los conceptos y teorías que, además, se presentan de manera aséptica y desarticulada. (p. 10)

En consecuencia, pareciera ser que aún persiste en la enseñanza de la física la sobrevaloración de las formalizaciones matemáticas para la solución de ejercicios, que generalmente no están contextualizados y mucho menos relacionados con la experiencia de los estudiantes; es por ello que, para algunos estudiantes, la física es una rama más de las matemáticas en donde aprenden una serie de ecuaciones y la solución de las mismas, pero se

quedan cortos a la hora de dar explicación a los fenómenos y no se prioriza la comprensión de los conceptos tratados en tales fenómenos.

Alrededor de lo anterior y teniendo en cuenta que ir a las obras de los científicos nos plantea un panorama muy diferente al que nos muestra los libros de texto habituales utilizados en la enseñanza de las ciencias, surgió la siguiente pregunta de investigación.

*¿Qué aporte hace un análisis de corte histórico, del trabajo de Carnot acerca de las máquinas térmicas, a la reflexión con miras a la recontextualización de saberes pertinente para la enseñanza de la termodinámica, en cursos de física a nivel introductorio?*

Los objetivos que enmarcan la investigación son:

### **1.1. Objetivo General**

Sistematizar los aportes que hace un análisis de corte histórico, de los trabajos de Carnot acerca de las máquinas de vapor, a la reflexión con miras a la recontextualización de saberes para la enseñanza de la termodinámica, en cursos de física a nivel introductorio.

#### **1.1.1. Objetivos Específicos**

- Identificar los aspectos relevantes y las problemáticas que permitieron la consolidación teórica de la máquina térmica mediante un análisis de corte histórico.
- Configurar los aspectos que posibiliten realizar una recontextualización del trabajo de Carnot acerca de la máquina de vapor.
- Realizar una reflexión en torno a los posibles aportes que ofrecen los análisis de corte histórico para la enseñanza de la termodinámica.

En ese sentido, el enfoque del trabajo se encaminó en un análisis de corte histórico, entendiendo dicho análisis como un trabajo de contextos, que relaciona por un lado el uso de textos originales<sup>1</sup> que permiten determinar problemáticas, fenómenos, formas de

---

<sup>1</sup> Si bien, en el sentido estricto, el texto original es la obra del científico en la lengua original; en el presente trabajo las traducciones de los las obras de los científicos son consideradas también textos originales, teniendo presente que toda traducción implica interpretación por parte del traductor, aspecto



argumentación y criterios científicos, y poder dar cuenta del contexto de producción de la actividad científica; y por otro lado, a partir de la reflexión en torno al trabajo de los científicos establecer criterios en la enseñanza de la termodinámica que permita una recontextualización de saberes, en donde sea posible situar las problemáticas y los eventos que dieron origen a los hallazgos de las ciencias y poder estructurar una reflexión para la enseñanza de la termodinámica a partir del mismo análisis. Por lo que, en la investigación se priorizó la enseñanza de las ciencias, en este caso la termodinámica, como una recontextualización de saberes, entendida ésta como lo afirma Castillo (2008):

Un cierto análisis histórico que posibilita los procesos de significación y construcción de sentidos, cuyas fuentes se encuentran tanto en los planteamientos que los científicos han desarrollado en torno a las problemáticas y fenómenos que llevaron a la construcción de conceptos, y leyes que estructuran las teorías científicas, como en las elaboraciones de aquellos que se encuentran inmersos en la formulación de problemas, construcción de fenómenos, y estructuración de explicaciones. (p. 2)

Es así, como se realizó un estudio en el que se reflexionó sobre las consideraciones y planteamientos que se llevaron a cabo alrededor de las máquinas térmicas, centrado en el trabajo de Carnot “Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia<sup>2</sup>”, en donde se logró identificar algunos criterios, como la importancia del restablecimiento del equilibrio en el calórico para la producción de potencia motriz (Trabajo), la necesidad de un dispositivo intermedio (vapor o cualquier agente utilizado) que permita ese restablecimiento del equilibrio útil en la máquina de vapor y que impida el contacto directo entre cuerpos a temperaturas diferentes y por último, la independencia del agente utilizado en dicho dispositivo intermedio en donde lo relevante son los procesos que se realizan en la máquina, que permitieron la estructuración de propuestas de enseñanza de la termodinámica, en cursos de física a nivel introductorio.

El análisis de corte histórico que se propuso en el trabajo, se realizó en las siguientes fases: la primera fase, estuvo encaminado en la identificación de los aspectos relevantes del trabajo de Carnot, que le posibilitaron la consolidación teórica de la máquina térmica. En la

---

que no resulta relevante, para los procesos de recontextualización de saberes, ya que ésta implica una reflexión interpretativa, y no tiene como fin hacer exegesis de la obra científica.

<sup>2</sup> Para el desarrollo de la investigación se utilizó la traducción al español realizada por Francisco Javier Odón Ordóñez del texto “Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres a développer cette puissance” publicada en París en 1824.

segunda fase, se realizó un rastreo de las diversas posturas que se tienen acerca de la recontextualización con el fin de realizar una recontextualización del análisis que se haga del trabajo de Carnot. Finalmente, se construyó una reflexión acerca de los posibles aportes que ofrecen los análisis de corte histórico, entendidos desde la recontextualización de saberes, para la enseñanza de la termodinámica.

Es importante resaltar que debido a la naturaleza del ejercicio investigativo del presente trabajo de grado, no resulta pertinente referenciar un apartado como marco teórico, puesto que la reflexión acerca de la obra de Carnot, así como la comprensión conceptual lograda en el trabajo, y la toma de postura respecto al enfoque histórico y la enseñanza de la termodinámica que se trabaja durante la investigación, implícitamente constituyen el marco teórico.

## 1.2. Revisión de Antecedentes

A continuación se presenta las diferentes investigaciones locales, nacionales e internacionales, realizadas en diferentes trabajos de grado y artículos científicos, alrededor de las máquinas térmicas, los aportes que hizo Sadi Carnot a la termodinámica y finalmente, investigaciones en torno a la enseñanza de la termodinámica que sirvieron como referente y sustento para el presente trabajo.

<b>Título</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Aporte al trabajo</b>
Análisis de los procesos de equilibración en la máquina térmica: una alternativa para introducir el concepto de irreversibilidad en la enseñanza de la segunda ley de la termodinámica	July Milena Velandía Garzón y Néstor Andrés Ibáñez Cañón Tesis de pregrado Universidad Pedagógica Nacional Bogotá (2015)	El trabajo de grado se ubica en el campo de la enseñanza de la termodinámica, en donde se realiza un análisis conceptual que parte de exploración acerca de los factores y consideraciones que posibilitaron la conceptualización de la irreversibilidad.	Este trabajo de grado aporta a la investigación en cuanto al abordaje histórico que se hace de las máquinas térmicas y los procesos de equilibración-desequilibración que jugaron un papel fundamental para entender esa relación entre el flujo del calórico y la producción del movimiento.
Reflexiones sobre la entropía para la enseñanza de la termodinámica	Jessyca Susana Sánchez Forigua Tesis de pregrado	En el trabajo se muestra de manera general la estructura conceptual de la termodinámica, en donde se explora los orígenes del concepto de	El aporte de este trabajo de grado estuvo centrado en el rastreo que se hace de la memoria de Sadi Carnot y la importancia de las máquinas térmicas

	<p>Universidad Pedagógica Nacional</p> <p>Bogotá (2012)</p>	<p>entropía desde los trabajos de Carnot, Thomson y Clausius.</p>	<p>tanto a nivel científico como industrial en la época.</p>
<p>Equilibración Térmica y flujo de calor: Un análisis para la enseñanza de la termodinámica</p>	<p>Ana María Sarmiento Bohorquez</p> <p>Tesis de pregrado</p> <p>Universidad Pedagógica Nacional</p> <p>Bogotá (2010)</p>	<p>Se realiza un análisis sobre la enseñanza de la termodinámica en la construcción conceptual de la equilibración térmica y los flujos de calor, con el fin de comprender los modelos científicos que están relacionados con ciertos elementos conceptuales como calor, temperatura, entre otros.</p>	<p>El aporte de este trabajo de grado tuvo que ver con el abordaje que se realiza para dar cuenta de la importancia de la temperatura en las máquinas térmicas, haciendo uso de los aportes de William Thomson para hablar de temperatura absoluta.</p>
<p>Sadi Carnot y la segunda ley de la termodinámica</p>	<p>Sandra Milena Forero Díaz</p> <p>Tesis de Doctorado</p> <p>Universidad Pedagógica Nacional</p> <p>Bogotá (2014)</p>	<p>El problema central en el que se fundamenta la tesis doctoral es la controversia entre la hipótesis de Carnot alrededor del calórico y la hipótesis que por su lado fundamentaba Joule y cómo el profesor puede dar cuenta de la segunda ley de la termodinámica partiendo de dichos problemas suscitados en la época.</p>	<p>Este trabajo aportó a la investigación en el sentido en el que se profundiza en varios conceptos termodinámicos encaminados a entender la segunda ley. Además, al dedicarle varios capítulos a Sadi Carnot y sus planteamientos, permitió comprender varias de las afirmaciones que él hace en su obra.</p>
<p>Significado físico de la entropía en la enseñanza de la termodinámica</p>	<p>Derlly Beltrán Garzón</p> <p>Tesis de Pregrado</p> <p>Universidad Pedagógica Nacional</p> <p>Bogotá (2008)</p>	<p>En el trabajo se presenta una búsqueda de herramientas para determinar cuál es el significado y el sentido de la entropía en la construcción de explicaciones de fenómenos termodinámicos y cómo construir un contexto de explicaciones en el aula.</p>	<p>El trabajo le aporta a la investigación en cuanto a la problemática que se plantea en relación a la enseñanza de la termodinámica en los niveles de Educación Media y Universitaria. Asimismo los elementos conceptuales y metodológicos con lo que se logra pensar otra forma de enseñarla.</p>

<p>Estudio del impacto de los conceptos fundamentales de la termodinámica en el desarrollo de la máquina térmica y el surgimiento de la revolución industrial</p>	<p>Mauricio Jaramillo Suárez Tesis de Maestría Universidad Nacional de Colombia de Medellín (2011)</p>	<p>En la tesis de maestría se abordan algunos conceptos fundamentales de la termodinámica desde la antigua Grecia hasta el siglo XVII. Asimismo, el estudio de las primeras máquinas térmicas y finalmente, se hace una intervención pedagógica tendiente a la comprensión de los conceptos trabajados durante la investigación.</p>	<p>El aporte de este trabajo se encaminó en la ubicación histórica que el autor logra hacer del desarrollo de la máquina térmica y algunos conceptos termodinámicos, que resultan vitales para la presente investigación.</p>
<p>Ciclos de Carnot y rendimiento frigorífico</p>	<p>Raúl Ortiz Pérez Artículo Revista "Tecnología en Marcha" Costa Rica (2001)</p>	<p>En el artículo se presenta un método para obtener las fórmulas para la eficiencia de ciclos reversibles entre 2, 3 y 4 fuentes térmicas que se basa en la utilización de las leyes fundamentales de la termodinámica.</p>	<p>El artículo le aporta al trabajo de grado en cuanto muestra la deficiencia que existe en diversos conceptos termodinámicos, tales como la eficiencia y en consecuencia los ciclos reversibles e irreversibles, en la bibliografía típica que utiliza el alumno promedio universitario.</p>
<p>Explicaciones de procesos termodinámicos a partir del modelo corpuscular: Una propuesta didáctica</p>	<p>Cárdenas, M. y Ragout De Lozano, S. Artículo Revista "Enseñanza de las ciencias" Barcelona (1996)</p>	<p>En el artículo se hace una investigación exploratoria acerca de cuál es la mejor manera de explicar termodinámica en cursos de física Universitarios. Se presenta una propuesta didáctica que tiene que ver con un tipo de explicación denominada batígena que apela a los mecanismos más profundos descrita por Halbwachs.</p>	<p>En el artículo se muestra la dificultad que tienen los estudiantes a la hora de aprender algunos conceptos termodinámicos. Es así, como se hace una explicación tanto macroscópica como microscópica de los procesos termodinámicos y en ese sentido le aporta al trabajo para una mejor comprensión del ciclo de Carnot.</p>

Los antecedentes aquí presentados, en general, aportaron a la investigación en el sentido en el que fue posible hacerse una imagen más amplia de los problemas de enseñanza en torno a la termodinámica, así como las propuestas metodológicas que se han generado para lograr una

mayor comprensión de los conceptos termodinámicos. Asimismo, los trabajos que se han realizado, enmarcados en la obra de Carnot o las máquinas térmicas, fueron fundamentales a la hora de estudiar los sistemas de equilibrio y los procesos termodinámicos para la explicación del objeto de estudio. Ahora bien, la contribución que hace la presente investigación al estudio de las máquinas térmicas y la enseñanza de la termodinámica, tiene que ver con el enfoque histórico por el que se opta y el análisis desarrollado, en pro de aportar a la recontextualización de saberes, que permite situar problemáticas de estudio tanto en la actividad científica como en la actividad educativa.

### **1.3. Acerca de la enseñanza de la termodinámica**

La termodinámica ha sido considerada como uno de los campos más importantes de la física, ya que se constituye como una teoría de principios que establecen las condiciones de posibilidad de los fenómenos naturales, poniendo de presente las condiciones en las que se dan los procesos en la naturaleza; por otra parte, los procesos que experimentan los sistemas químicos, físicos o biológicos pueden ser explicados haciendo uso de la termodinámica, así es posible afirmar que el objeto de la termodinámica abarca a la naturaleza prácticamente en su totalidad (Sala & López, 2011).

Ahora bien, el estudio de los procesos resulta siendo el objetivo en la enseñanza de la termodinámica, abordado desde un análisis fenomenológico a partir de los sistemas en equilibrio y los cambios de estado, en donde las variables de estado, de proceso, la energía, la entropía, entre otras magnitudes resultan siendo vitales para dicho estudio. En ese sentido, desde la perspectiva fenomenológica, los conceptos termodinámicos surgen a partir de la elaboración de explicaciones y la organización de la experiencia, acerca de lo térmico y lo termodinámico, relacionando distintas situaciones de estudio y diversos criterios físicos que permitan la estructuración del fenómeno.

Sin embargo, desde la manera en que se suele enseñar la termodinámica resulta algo difícil captar la amplitud y profundidad de dicha teoría, debido a que posee conceptos fundamentales, tales como calor, temperatura, entropía e incluso la energía, que pueden resultar difíciles de comprender para los estudiantes e incluso para algunos maestros. Como afirma Cuellar (2017):

La enseñanza de la termodinámica termina siendo muchas veces, una enseñanza de termometría en la cual el estudiante solo calienta, enfría y toma constantemente la temperatura al agua olvidando toda el carácter particulista, el carácter dinámico que hace a la termodinámica, llamarse termodinámica. Entonces el estudiante solo tendrá posibilidad de ver a fondo una termodinámica en un curso de termodinámica avanzada el cual viene a darse solo en planos universitarios en los cuales muchas veces también se deja de lado el contexto histórico que ha dado lugar a una buena producción de teorías fenomenológicas. (p. 14)

Es por ello, que alrededor de estas dificultades se han venido generando diversas propuestas metodológicas encaminadas a superar conceptualmente dichas dificultades<sup>3</sup>, pero tales propuestas para la enseñanza de la termodinámica se centran especialmente en la diferenciación entre calor y temperatura, y en general no se abordan aspectos relativos a la caracterización de los sistemas y los procesos, aspecto que resulta fundamental para la explicación de las máquinas térmicas. En ese sentido, el análisis y la reflexión que se presenta en la investigación acerca del trabajo de Carnot, resulta siendo relevante en cuanto al aporte que se hace en el estudio de los sistemas de equilibrio y los procesos termodinámicos.

A continuación se mostrará el papel que juega la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias y la importancia que trae consigo abordarla. Además, se hace evidente que alrededor de su uso y sus ventajas se establecen diferentes perspectivas y argumentaciones.

#### **1.4. El papel de la historia de las ciencias en la enseñanza**

Desde los años 70 aproximadamente, se han incrementado los argumentos que defienden la importancia de la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. Esto ha traído consigo que más currículos, tanto en la educación media como en la educación superior, hayan introducido elementos alusivos a la historia de las ciencias en sus programas educativos. Por

---

<sup>3</sup> Por mencionar algunas: Gómez, F., Solbes, J., & Carles, F. (2007). *La Historia del primer principio de la termodinámica y sus implicaciones didácticas*. Departamento de Didáctica de las ciencias experimentales, Universidad de Valencia; Zamorano, R., Moro, L., & Viau, J. (2006). *Evaluación de un modelo didáctico analógico para el aprendizaje de energía interna y temperatura*. Departamento de física, Universidad Nacional de Mar del Plata; Acosta, C. (2015). *Propuesta didáctica para la enseñanza de conceptos fundamentales de la termodinámica*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; Martínez, J., & Pérez, B. (1997). *Estudio de propuestas alternativas en la enseñanza de la termodinámica básica*. Departamento de física, Universidad Nacional de la Patagonia;

ejemplo, “entre 1970 y 1980, la British Association for Science Education, en algunos de sus informes *Alternatives for Science Education* (1979) y *Education through Science* (1981), recomendaba con insistencia la incorporación de más material histórico y filosófico en el currículo de ciencias” (Mathews, 1994).

Así mismo, Bernard Cohen<sup>4</sup> convencido de la importancia de la historia de las ciencias en la enseñanza, se encontraba totalmente de acuerdo en que se debería posibilitar de manera más eficiente las propuestas de incorporación histórica de las ciencias en los currículos educativos para generar un espacio de reflexión y apropiación por parte de los estudiantes. Además, en una conferencia de la que fue participante titulada «A Sense of History in Science» evidenció la existencia de algunas irregularidades que se presentaban a la hora de mostrar un episodio histórico en las ciencias, por lo que aconsejó a los profesores intentar investigar y escribir historia para tener un conocimiento más panorámico de la misma, “sosteniendo que un sentido histórico hará las lecciones «más ricas y más profundas y de un mayor interés para [...] los estudiantes»” (Mathews, 1994).

Toda esta reflexión, es llevada a que hoy día se considere evidente que la historia de las ciencias forme parte fundamental de la enseñanza de las ciencias, aunque sobre ello haya diversas concepciones. Por lo anterior, se considera que la historia de las ciencias debe tener un abordaje amplio en la enseñanza, ya que aporta toda una serie de elementos que posibilitan una mayor apropiación conceptual y un panorama más extenso a nivel científico tanto para docentes como para estudiantes.

Sin embargo, pareciera ser que muchas veces no se tiene claro las posibilidades que ofrece la historia de las ciencias en la enseñanza, pero lo interesante es que alrededor de ello se han realizado un sin número de publicaciones<sup>5</sup> con el fin de evidenciar las diferentes perspectivas que se tienen acerca de lo importante que resulta acudir a la historia de las ciencias en la enseñanza, y en torno a ello se han identificado diferentes maneras de plasmar el uso y

---

<sup>4</sup> Fue un científico e historiador de las ciencias estadounidense y un profesor emérito de historia de la ciencia en la Universidad de Harvard.

<sup>5</sup> Por mencionar algunas: Garay , F. R. (2011). *Perspectivas de historia y contexto cultural en la enseñanza de las ciencias: Discusiones para los procesos de enseñanza y aprendizaje*. *Ciência & Educação*, 17(1), 51-62. Orozco, J. C. (2005). *Atajos y desviaciones. Los estudios histórico-críticos y la enseñanza de las ciencias*. Universidad Pedagógica Nacional, 1-13.; Rodríguez , L. D., & Romero, Á. (1999). *La construcción de la historicidad de las ciencias y la transformación de las prácticas pedagógicas*. *Física y Cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*(6), 3-16.;

las ventajas que trae consigo abordarla. Por esa razón, a continuación se mencionarán algunas de esas argumentaciones.

Para algunos, la historia de las ciencias posibilita una enseñanza contextualizada en el sentido que permite evidenciar las situaciones, problemáticas, cuestionamientos, limitaciones, etc., que se presentaron en una época particular para dar origen a un producto científico, es decir, una teoría, ley, principio, método, concepto, etc. De manera que, no solo permite hacer de las clases un espacio de reflexión sino que contribuye a una mejor comprensión de los contenidos allí tratados puesto que resignifica la enseñanza vinculando un contexto de producción de conocimiento con un contexto de enseñanza de ese conocimiento, en donde se evidencia que la ciencia no es una verdad absoluta, única y verdadera sino que es cambiante, susceptible a ser transformada, con la posibilidad de contribuir a su desarrollo y no sólo como una actividad acabada.

Para otros, hacer uso de la historia de las ciencias está ligado más bien a una propuesta didáctica en la que se mejora el interés de los estudiantes por la ciencia, dado que despierta un cierto espíritu de asombro antes los hechos en los que la comunidad científica de cierta época se vio involucra, manifestando así una manera también de humanizar la actividad científica y evidenciar que ésta hace parte de una forma más de la cultura. En ese sentido, toma relevancia utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza puesto que posibilita erradicar esa imagen estereotipada del quehacer científico para vincularlo a un escenario menos idealizado y más realista de los fenómenos naturales a los cuales los productos científicos dan respuesta.

Otros por su lado, afirman que pensar en la historia de las ciencias en la enseñanza permite identificar algunos aportes importantes para elaborar diferentes propuestas de enseñanza en el aula. Permitiendo así, que los docentes, tanto los que se encuentran ejerciendo como los que se encuentran en proceso de formación, se familiaricen con la historia de las ciencias y se construyan nuevas maneras de enseñarla, no solo pensando ese cambio a nivel didáctico sino repensándose ¿qué es la ciencia? ¿cuál es el objeto de la ciencia? Y en consecuencia, ¿qué tipo de ciencia debería enseñarse? Así como también entrar a cuestionarse ¿cómo lograr que un fenómeno abordado en el aula sea significativo no solo para el estudiante sino también para el docente? Postura en la que se encuentra enmarcada el presente trabajo.

Ahora bien, un aspecto que no se puede pasar por alto al referirse a la importancia de la historia de las ciencias en la enseñanza es la aportación que desde ella se hace a la recontextualización de saberes, en donde no es posible separar el conocimiento de quienes lo



elaboran. Esto implica “una nueva relación con el conocimiento, con los productos científicos y los planteamientos de los científicos y con la información en general, en la medida en que posibilita establecer un diálogo con los autores analizados con miras a avanzar en la elaboración de una estructuración particular de toda clase de fenómenos abordados” (García E. , 1999, págs. 15, 16).

Con el fin de hacer evidente nuestra postura acerca de la importancia de la historia de las ciencias en la enseñanza y la relación que establecemos de Historia-Enseñanza, es necesario destacar primero dos imágenes que se tienen en cuanto a la ciencia y que directamente desemboca en dos perspectivas diferentes en cuanto al uso de la historia de las ciencias en el contexto educativo. Es así, como a continuación se mostrará dicha variación del abordaje de la historia de las ciencias dependiendo de la imagen de ciencia y a su vez, las implicaciones que trae consigo en la enseñanza.

#### **1.4.1. La imagen de ciencia y el papel de la historia de las ciencias en la enseñanza.**

Si bien a la historia de las ciencias se le puede asignar diversos papeles en la enseñanza, los cuales están vinculados en general con aspectos como la motivación para el aprendizaje de las ciencias o a la “humanización” de las ciencias para su enseñanza, un criterio más adecuado para la introducción de la historia de las ciencias en la enseñanza, es la imagen de ciencia, ya que la imagen de ciencia implica una manera de entender el papel de la historia en la enseñanza, además de implicar también una perspectiva de enseñanza.

Por un lado, la ciencia es entendida como el producto acabado de una actividad científica en donde se asume que el conocimiento es absolutamente verdadero y en consecuencia, es inconcebible que dicho conocimiento sea puesto en duda o al menos cuestionado; esto implica que las leyes, teorías y principios sean verdades instituidas que en un momento específico surgieron tratando de explicar los procesos naturales.

Por otro lado, la ciencia también se muestra como una actividad no sólo humana sino también cultural y social, en el sentido en que el conocimiento científico para ser considerado como válido debe obedecer a los problemas que se consideran relevantes en el contexto científico de la época, además de haberse configurado de acuerdo con los protocolos propios de la ciencia del momento, y lo más importante requiere ser legitimado primero por la comunidad científica. Esto pone de presente la necesidad de pertenecer a un grupo social

reconocido y poder llegar a un consenso de lo que debería ser considerado de carácter científico.

La imagen de ciencia implica también una forma de entender la historia de las ciencias, así, si se considera la ciencia como los productos de la actividad de los científicos, la historia de las ciencias es presentada como una serie de anécdotas interesantes, algunos datos curiosos de la vida y obra de los científicos, y algunas explicaciones de diversos fenómenos. Esto pone de presente únicamente la necesidad de involucrar la historia de las ciencias como un curso más en el currículo pero sin ninguna intensión metodológica, reflexiva o de herramienta de aprendizaje, en donde lo realmente importante es ubicar espacio-temporalmente al científico para hacer evidente una supuesta enseñanza contextualizada. La manera en la que comúnmente se aborda la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias tiene que ver con las afirmaciones de Orozco (2005):

En nuestro contexto sigue primando el paradigma historiográfico tradicional, las referencias anecdóticas en los libros de texto, las recurrencias marginales a la historia, el desconocimiento de las posibilidades del análisis conceptual y la sensación casi generalizada de que el vínculo de la historia de las ciencias con las propuestas curriculares se resuelve incluyendo pequeños cursos de historia, cuando no cápsulas con datos históricos llamativos, dentro de los planes de estudio. (p.2)

En contraste, en la perspectiva de entender la ciencia como una actividad, de establecer problemas de conocimiento, configurar fenómenos, y estructurar explicaciones, todo ello situado en un contexto histórico y cultural y vinculado con las comunidades científicas, la historia de las ciencias en la enseñanza, es entendida como un espacio para el conocimiento que permite investigar, reflexionar, analizar, comprender y contextualizar los problemas, los fenómenos, además de los productos científicos.

#### **1.4.2. El papel de historia de las ciencias desde nuestra perspectiva.**

El papel de la historia de las ciencias en la enseñanza desde nuestra perspectiva tiene que ver con la imagen de ciencia entendida como una actividad de construcción de conocimiento en donde lo importante es organizar la experiencia a través de las problemáticas y elaboraciones que tienen, particularmente, los que están pensando el mundo natural. En ese sentido, si la ciencia no está representada por sus productos, entonces lo importante son sus procesos de

organización, porque permiten intervenir en ella y transformarla de acuerdo a los problemas y necesidades particulares del conocimiento (García E. , 1999, pág. 22).

En ese orden de ideas, se acude a la historia de las ciencias con unas necesidades específicas ya definidas y con un sentido particular previamente establecido. Ello implica, que el docente pase a asumir un carácter protagónico en la enseñanza, en donde actúa como un sujeto investigador y conocedor de la ciencia que enseña en relación con la cultura científica y la cultura en la cual se encuentra inmerso. Por lo que resulta importante “una enseñanza que posibilite una apropiación racional y crítica de la ciencia, que permita un acceso a la actividad científica y que hagan inteligibles y le den sentido al conocimiento” (Cabrera & García, 2014).

Al reconocerse la ciencia como una actividad de construcción de explicaciones y de transformación de realidades, en los que se encuentran inmersas ciertas comunidades que tienen unas formas de pensar y de actuar en ese contexto y que se relacionan social, económica, política y tecnológicamente en momentos históricos específicos, es incoherente pensar que la ciencia ya está acabada y por lo tanto que se deben reproducir sus resultados de manera impuesta sin ninguna relación con el contexto y con las problemáticas que actualmente vivimos. De manera similar, el conocimiento científico varía y se transforma dentro de esas estructuras culturales, por lo que acudir a la historia de las ciencias implica también una forma de pensar como vincularla con la construcción de conocimiento que se está generando en nuestra cultura y que no resulte como un accesorio más de la enseñanza.

Así, Ayala (2006) afirma que mirar la historia es preguntar al pasado por el presente, y en consecuencia implica reconstruir el pasado desde el presente y viceversa. De esta forma la historia debe ser permanentemente reconstruida, lo mismo que las líneas de desarrollo que se puedan establecer. Pero al respecto es importante tener en cuenta además que se tiene la opción de lecturas diferentes del pasado, pues éstas dependen de las posturas que se asuman en el presente y por tanto de las intencionalidades que animan su reconstrucción. (p. 26)

### **1.5. La recontextualización de los trabajos de los científicos y sus posibilidades para la enseñanza de las ciencias**

El estudio que se propone en el presente trabajo está orientado por una perspectiva de recontextualización de saberes. En ese sentido y con el fin de situar dicha perspectiva, es importante mirar algunas de las formas de entender la recontextualización.

Al leer a Díaz (1988) es posible entender la postura de recontextualización que Basil Bernstein<sup>6</sup> tenía, postura situada desde el ámbito de la sociolingüística. En ese sentido, afirma que la lengua está vinculada con una serie de estructuras, códigos, palabras, etc., y que cuenta con la capacidad de realizarse en diversas formas y múltiples modalidades ya que se encuentra directamente relacionadas con un contexto particular, en el cual dichas estructuras toman un significado y un sentido propio.

Si bien, el sujeto está constituido socialmente, así mismo la manera en la que actúa. Por lo que se pone de presente que mirar la lengua implica analizarla desde dos perspectivas; una social y una cultural. Es así, como sí se mira una lengua únicamente en términos de la estructura de los códigos o de las palabras, se puede llegar a un significado que no va más allá de lo superficial y estático. Pero sí se sitúa la estructura de esa lengua en términos del contexto en los cuales se encuentra inmerso, se evidencia cómo ésta puede cambiar tanto en el tiempo como en las situaciones en las cuales se recurra.

Es entonces, en donde desde la teoría de Bernstein, una lengua está ligada a un sentido, a un significado y a unas formas de actuar que implican un conocimiento en un contexto particular. Es decir, una lengua es una forma de conocer y de operar en el mundo y como cada lengua se da en un contexto diferente, los significados también son construidos socialmente y la forma de estructurar una lengua de la otra es totalmente distinta. De modo que, el significado se puede establecer en términos del contenido semántico. Como lo afirma Díaz (1988):

Los significados, en Bernstein se producen en un arreglo de diferencias sociales, en un arreglo de distribuciones. En otros términos, la base para entender los significados en Bernstein está dada por el arreglo de diferencias y distribuciones paradigmático-sociales (relaciones de clase entre los sujetos). El sujeto es construido por el sistema de diferencias que fija la estructura. En este sentido es el conjunto de diferencias,

---

<sup>6</sup> Sociólogo y lingüista británico, conocido por sus aportaciones a la Sociología de la educación.

ubicaciones, posiciones que construyen al sujeto y no el sujeto que o quien construye las diferencias. Es de esta manera como hay que comprender las orientaciones hacia los significados o hacia la estructura semántica. (p. 111)

Igualmente, al existir una correspondencia entre las relaciones sociales y los significados, Díaz (1988) afirma que para Bernstein estas relaciones se pueden dividir en dos: Por un lado, las relaciones privilegiadas que se definen como las relaciones que le asignan prioridad a un significado en un contexto particular (Díaz, 1988), es decir, el significado que tiene por ejemplo hablar de la máquina térmica en la época de Carnot donde la problemática relevante era encontrar el máximo rendimiento de las máquinas para poder ser económicamente viable tanto para fabricantes como para consumidores. Además, reconocer que en la época la técnica se encontraba mucho más avanzada que la ciencia del calor y esto implicó optar por soluciones muy empíricas para ir mejorando el rendimiento de las máquinas y asimismo, la preocupación por consolidar una teoría lo bastante sólida acerca de la naturaleza del calor.

Por otro lado, las relaciones privilegiadas se definen como las relaciones en las cuales los significados confieren un poder diferencial sobre los hablantes (Díaz, 1988), es decir, a la luz del trabajo de Carnot acerca de las máquinas térmicas ¿cómo interpretó todo el desarrollo de la termodinámica alrededor de las máquinas de vapor, que si bien implicó una serie de problemáticas y necesidades en esa época, en el contexto actual no nos vemos acechados por esos mismos problemas sino que contamos con otro tipo de problemáticas y necesidades, para poder llevarlo al aula y que resulte significativo para los estudiantes?

Lo anterior implica, que mucho de lo que se pueda producir en una lengua no se puede llevar de forma literal a otra lengua puesto que el sentido y en consecuencia el significado cambia. Por lo que, lo que debe hacerse es traer la idea, que implica un significado en esa lengua, y adaptarla al contexto al que se lleva generando así otro tipo de significados para esa otra lengua. Traer un conocimiento que pertenece a un contexto A y llevarla a un conocimiento con un contexto B de manera significativa implica recontextualizar, es decir, transformar el sentido.

Del mismo modo, Díaz (1988) se sitúa en una postura de recontextualización que no está encaminada en los ámbitos sociolingüísticos sino más bien en el ámbito educativo, pero que en cierta medida se encuentra relacionada con la perspectiva de Basil Bernstein. Él reconoce la existencia de un contexto de saberes especializados o científicos que están involucrados con

una comunidad específica y que posee ciertos lenguajes propios, pero también un contexto de saberes no especializados que implican otras formas de comunicación y de actuar.

Ahora bien, lo que el autor propone es que la educación debe estar en la posibilidad de plantearse de tal manera que esos saberes científicos puedan ser llevados al contexto educativo y que permitan hacer de esos saberes una construcción de sentido y significado para estudiantes y maestros. Ello implica, realizar una recontextualización, en donde se pueda poner de manera significativa desde el contexto educativo los contextos científicos y especializados, por lo que no hay que llevar la ciencia al aula, hay que transformarla.

En la perspectiva de Jay Lemke, es posible vislumbrar otra manera en entender la recontextualización y tiene que ver con la forma en la que es entendida la ciencia y como ésta puede ser aprendida. Es así, como Márquez (2005) afirma que para él, la ciencia es otro tipo de lengua en el sentido de que el conocimiento científico pertenece a una comunidad especializada, por lo tanto tiene una comunidad de hablantes y posee toda una serie de modelos, símbolos, significados y representaciones que le son propios y que del mismo modo están ligados a una forma social y a unas ciertas maneras de actuar y de ser.

Ahora bien, aprender ciencias implica todo un proceso de reconocimiento de esa lengua, que al igual que aprender un idioma implica aprender nuevas palabras, nuevas estructuras gramaticales, etc. Para lograrlo es necesario empezar a hablar, leer y escribir ciencias. Es decir, para aprender ciencias es necesario estar inmerso en la actividad científica y ser partícipe de esa actividad, lo que desemboca en tener que familiarizarse con la producción científica, leer textos originales, interpretarlos y mirar otras perspectivas que resulten enriquecedoras en tanto el mutuo acuerdo o la controversia.

Es claro que en las clases de ciencias los estudiantes a la hora de aprender ciencias se relacionan con una serie de modelos, símbolos y términos que le son especializados a esa comunidad científica, y si aprender ciencia es como aprender una lengua, el estudiante deberá empezar primero a dar cuenta de los fenómenos con sus propias palabras y poco a poco ir cambiando su discurso a medida que se van adquiriendo nuevos conceptos y nuevos vínculos con la actividad científica. “De alguna manera, la actividad científica también es una actividad lingüística” (Márquez, 2005).

Pero, en este modo de aprender ciencias una de las dificultades que presentan no solo los alumnos sino algunos docentes en formación o personas que incurren en el campo de la ciencias es el lenguaje científico que utiliza la comunidad científica, en el sentido que muchas

veces carece de sentido y significado para aquel que no está inmerso en esa comunidad. Y como lo afirma Márquez (2005) citando a Lemke (1997) “...existe un fuerte contraste entre el lenguaje de la experiencia humana y el de la ciencia...” Ello, conduce a que los alumnos y las personas en general supongan artificial y engañosamente que la ciencia permanece de alguna manera fuera del mundo de la experiencia humana, en vez de ser una parte especializada del mismo.

Por tal motivo, enseñar ciencias implica aprender a pensar y actuar en ese lenguaje científico. En ese sentido el docente debe apropiarse primero del lenguaje científico para poder transmitirlo después a sus estudiantes, desarrollando así un conocimiento basado en el lenguaje propio de la ciencia. Ello exige plantear actividades orientadas a este aprendizaje, que ayuden a los alumnos y alumnas a tomar conciencia que mejorando sus formas de hablar, escribir y leer ciencias mejora sus conocimientos de ciencia y viceversa (Márquez, 2005).

Por otra parte, Granés y Caicedo (1997) plantean que la actividad científica en sí misma está ligada a dos contextos; primero, al contexto de producción de la ciencia en el que se investiga, se experimenta, se descubre, etc., y que viene acompañado de un cierto lenguaje que le es propio a esa comunidad científica donde circulan unos problemas, unos cuestionamientos, unas formas de pensar el mundo y unas estructuras propiamente definidas que permitan la validación de ese conocimiento. Y por otro lado, un contexto de difusión, de divulgación de esa producción científica que implica escribir el resultado de esas investigaciones, publicarlo en alguna revista científica, dar conferencias, etc., para que exista en sí mismo, puesto que de qué sirve dedicarle tiempo y trabajo a algún problema de carácter científico, si la comunidad en general no puede llegar a conocer los resultados obtenidos.

En ese sentido, esos contextos de producción científica y difusión de esa producción científica están directamente vinculados y parte de ese contexto de difusión se encuentra la enseñanza de las ciencias. “En todos los niveles del sistema educativo, conocimientos que fueron elaborados originalmente en el seno de comunidades científicas especializadas deben ser asimilados por los estudiantes” (Granés & Caicedo, 1997, pág. 2). Ello implica que no se puede llevar exactamente lo que se hace en el contexto de producción al contexto educativo sino que se deben hacer algunas adecuaciones, transformaciones, en donde se adecue ese conocimiento al contexto cultural al que se planea llevar.

A esos procesos de transformación o adaptación de la producción científica es a lo que Granés y Caicedo (1997) llaman recontextualización. “Recontextualizar quiere decir situar,

insertar, articular un conocimiento, de manera significativa, en un nuevo contexto. Este cambio de localización implica procesos regulados de selección, de jerarquización y de transformación de los conocimientos” (Granés & Caicedo , 1997, pág. 3).

Es así, como en la enseñanza de las ciencias se deben realizar procesos de recontextualización que le permitan al estudiante obtener un panorama más amplio y contextualizado de esa ciencia que se le está dando a conocer. Ya que los problemas o cuestionamientos a los cuales los científicos del siglo XIX dieron respuesta y a través de los cuales se consolidaron una serie de teorías, definiciones o ecuaciones no son los mismos problemas a los que se enfrentan actualmente los estudiantes, por lo que no tiene mucho sentido traer de manera literal esos productos de la ciencia al aula ya que carecería de sentido, y en ese orden de ideas la recontextualización empieza a jugar un papel importante en donde permite resignificar esos productos científicos y generarles un sentido diferente en la enseñanza. “Los procesos de recontextualización son siempre complejos ~ multifacéticos. Implican la construcción de un nuevo discurso, con finalidades, funciones y estructura propias, que deliberadamente se aleja del discurso original, aunque lo toma como base” (Granés & Caicedo , 1997, pág. 3).

Del mismo modo, es importante señalar que los libros de texto diseñados especialmente para la enseñanza de las ciencias efectúan procesos de recontextualización en donde de manera sistemática, ejemplificada y muchas veces reducida incorporan los productos de la ciencia de manera que pueda ser fácil de entender para cualquier persona que no se encuentre muy especializada con la actividad científica. Así mismo, el docente a la hora de preparar su clase y de seleccionar una serie de principios o teorías que le resulten importantes para una problemática particular que piense llevar a clase, realiza todo un proceso de transformación, adaptación, adecuación de esos principios o teorías, de tal manera que resulten comprensibles para sus estudiantes y que del mismo modo proporcione algún tipo de solución a la problemática abordada o por qué no, genere curiosidad en el estudiante que lo conlleve a investigar de manera autónoma sobre las ciencias. Esas planeaciones que el docente desarrolla para sus clases también son procesos de recontextualización. En ese orden de ideas, Granés y Caicedo (1997) afirman que:

Una primera recontextualización permite elaborar un discurso pedagógico que se destaca en los textos, en las guías y en los materiales escolares. A partir de ellos, el maestro debe, a su vez, proceder a efectuar nuevas selecciones, transformaciones y



reorganizaciones que permitan adaptar esos saberes al contexto del aula de clase, es decir, a las condiciones materiales y culturales y a las situaciones concretas en las que se desenvuelve cotidianamente la acción educativa. El maestro se ve obligado a tomar en cuenta los lenguajes, las formas de comunicación, la experiencia y los conocimientos previos de los estudiantes, incluso la cultura y la historia de la comunidad, para hacer que su discurso sea significativo e interesante para el alumno. El maestro desempeña, por tanto, un papel activo en los procesos de recontextualización. Entender la educación como creación permanente de sentido a través de los procesos de recontextualización puede transformar la conciencia que posee el educador sobre su propia práctica. Esta deja de ser entendida como una actividad de simple reproducción para ser pensada como un proceso de enriquecimiento permanente en la interpretación y en el significado de los conocimientos. (p. 3)

Ayala (2006) y el grupo de Física y Cultura de la Universidad Pedagógica Nacional evidencian la existencia de una problemática en el campo de la enseñanza de las ciencias relacionada con la ciencia que es llevada al aula y en consecuencia, la manera como es entendida dicha ciencia, específicamente la física, por parte de los docentes. En ese sentido, aceptar que existe una problemática en cuanto a la enseñanza de las ciencias, ha traído consigo que en los últimos años se haya empezado a generar ciertos cuestionamientos en torno a la práctica docente y por ende, se haya construido nuevas propuestas en cuanto a la forma más adecuada de enseñar ciencias.

Es así, como “la componente didáctica”, como lo afirma Ayala (2006), se ha transformado considerablemente por parte de los maestros en ciencias y en los currículos de formación docente, el abordaje de la historia y la filosofía de las ciencias empezó a tomar relevancia. Y si bien, en el componente didáctico de las ciencias se han realizado varios cambios y propuestas en cuanto a la manera en la que se enseña, lo que se enseña no ha sufrido ningún tipo de transformación. La física que es enseñada no varía a pesar de la época en la que nos encontramos y los incontables cambios que el conocimiento científico ha experimentado a lo largo del tiempo y parece ser, que esto tiene que ver con esa concepción que se tiene de ciencia como un producto acabado, en donde dichos productos son los conceptos, teorías, métodos, ecuaciones, etc., que resultaron de esa actividad científica.

Si la ciencia es una actividad que se da en un lugar específico, en unos tiempos establecidos, por una comunidad particular, respondiendo a unas problemáticas propias de esa

comunidad, implica que es una actividad contextualizada. Así mismo debería ser la enseñanza de esa ciencia, Ayala (2006) afirma:

Conocer la física sería conocer, entonces, los problemas que han posibilitado la formación y el desarrollo de los conceptos de la física, las condiciones en que tales problemas se plantean, las respuestas y formas de abordarlos que se han elaborado, la forma como evolucionan los conceptos, los elementos comunes y las diferencias básicas entre las diferentes teorías, etc. La dinámica de los problemas y conceptos rompe con la organización de la ciencia en teorías, la física como actividad comienza a plantearse como objeto de estudio en los cursos de física y el carácter dinámico e histórico de la física adquiere una gran relevancia... Así, el carácter cambiante y diverso de la física y la ausencia de una dirección de desarrollo única y trascendente exige repensar lo que se enseña. Igualmente lo exige la preocupación por la comprensión que logra el estudiante de aquello que se le enseña y por la formación que se le posibilita. (p. 25)

De manera que, la ciencia no es solo productos ya acabados sino que la ciencia es una actividad donde se abordan los problemas del conocimiento, se configuran fenómenos y se estructuran y elaboran explicaciones, que además es todo un proceso que se encuentra inmerso y situado históricamente y socialmente. Se plantea entonces que la enseñanza de las ciencias implica una recontextualización, pero no de los productos de la ciencia sino de los problemas de conocimiento que se suscitan alrededor de esa ciencia y a partir de esos problemas de conocimiento que se plantean o se evidencian en el aula, se acude a los productos de la ciencia, a las obras de los científicos con el fin de dialogar. “La recontextualización de saberes es entonces una actividad constructiva y dialógica en busca de elementos para la elaboración o solución de un problema o la construcción de una imagen de una clase de fenómenos, que depende inevitablemente de los intereses, conocimiento y experiencia de quienes la realizan” (Ayala, 2006, págs. 28,29).

Por ejemplo, se le solicita a un docente en el plan de estudios el abordaje de la máquina térmica en su clase. El docente considera que tratar la máquina térmica puede ser un problema de conocimiento en el aula, así que acude al libro de Carnot para estructurar algunas interpretaciones de lo que el científico plantea e interactuar con las interpretaciones que logro hacer y con los conocimientos que él ya posee al respecto. En este punto se acudió a la recontextualización, en donde el docente generó toda una serie de criterios y de interpretaciones

del trabajo de Carnot que implicaron ponerlos en diálogo con sus propios saberes. Ahora, llevarlo al aula implica otro tipo de recontextualización.

De modo que, Ayala (2006) propone la existencia de dos fases diferentes en la recontextualización. Una primera fase que tiene que ver con los análisis histórico-críticos que posibilitan a partir del estudio de los textos originales de los científicos, configurar problemáticas en torno a las cuales se puede desarrollar la actividad científica en el aula y de la misma manera, las posibles formas de llevarlas a cabo como estructuras conceptuales que están a la base de esas problemáticas planteadas. La segunda fase tiene que ver con un nuevo proceso de recontextualización que implica poder proveer condiciones necesarias que haga posible que los estudiantes enriquezcan y organicen su experiencia en torno a los fenómenos en cuestión tratados en la problemática propuesta.

Finalmente, son los problemas de conocimiento que pueden emerger de la actividad científica lo que me permite ir a los textos de los científicos a dialogar para poder interpretar. El maestro recontextualiza en esos términos de diálogo con el trabajo de los científicos y a través de esa recontextualización genera criterios como fenomenologías, preguntas, el estudio de diferentes teorías para poder elegir a su criterio la que más se adecue a la problemática que se está tratando y se hace una imagen de los fenómenos; pero eso no es lo que lleva a la escuela. Cuando va a la escuela, implica otro tipo de recontextualización, ya que el maestro se hace su propia imagen a partir de todo lo que elabora respecto al trabajo con los científicos, pero en la escuela hay unas imágenes que tienen los estudiantes del mundo físico que posiblemente son muy distantes a las que el maestro se hizo. Esto genera entonces un nuevo diálogo pero ahora entre el maestro y sus estudiantes.

### **1.5.1. Recontextualización del trabajo de Carnot**

Las diferentes posturas que se han venido mencionando ponen de presente que cuando se habla de recontextualización hay diversas maneras de definirla y aun así, se pueden evidenciar algunas relaciones cercanas en las concepciones que algunos autores tienen acerca de la misma. La imagen que nos hacemos de recontextualización está muy ligada a la postura que tiene Ayala (2006) y Granés y Caicedo (1997), en la que ésta se entiende como una actividad constructiva y dialógica que nos permite a partir del uso de obras científicas encontrar elementos, aportes, criterios, etc., para la solución de una problemática previamente establecida o para la

construcción de situaciones de estudio que puedan ser llevados al aula. Pero también, la posibilidad de articular un conocimiento dado en un contexto científico, de manera significativa, a un nuevo contexto como lo puede ser el contexto educativo.

En ese sentido, en el presente trabajo investigativo se realizó un análisis del trabajo de Carnot, con el fin de establecer algunos criterios que él pone de presente a la hora de dar cuenta del funcionamiento de la máquina térmica y de la producción de potencia motriz del fuego, y poder establecer alguna relación en cuanto a los problemas de conocimiento que se podrían hallar en la época de Carnot con los problemas de conocimiento que actualmente emergen. Además, evidenciar algunos aportes del trabajo de Carnot que pueden llegar a ser significativos en la solución de problemáticas específicas que se puede plantear el maestro como ejes centrales en la ejecución de un curso de termodinámica introductorio. Para ello, se abordó la traducción de la obra de Carnot denominada “Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y las máquinas adecuadas para desarrollar dicha potencia” a partir del cual, se realizó un análisis de corte histórico que permitió la realización de lo que se mencionó anteriormente.

Ahora bien, en el trabajo se pone de presente la realización de una reflexión para la enseñanza de la termodinámica, en donde se plantea la importancia de hacer uso de la historia de las ciencias que aporte a la recontextualización de saberes, con el propósito de pensar en algunos problemas de conocimiento y a través del diálogo con Carnot posibilitar algunos criterios, aspectos o referentes que permitan darle solución al problema y poder configurar también nuevas situaciones de estudio que resulten significativas para el estudiante en la construcción de conocimiento y elaboración de explicaciones.

Luego, la recontextualización que se hace del análisis del trabajo de Carnot se encuentra “en la primera fase de la recontextualización en donde el análisis histórico-crítico aporta elementos valiosos para la configuración de problemáticas en torno a las cuales organizar la actividad en el aula así como para determinar tanto formas posibles de abordarlas como estructuras conceptuales que están a la base de las mismas” (Ayala, 2006, pág. 31). Ya que el trabajo no fue al aula, lo que se buscó fue evidenciar la importancia que trae consigo los análisis de corte histórico y la recontextualización de saberes como elementos valiosos en la construcción de propuestas de enseñanza en las ciencias, en este caso de la termodinámica, que pueda llegar a desarrollar el maestro en su ejercicio educativo y que facilite también no solo la construcción de una nueva ciencia posible de ser transformada sino también la configuración de nuevas realidades.

En ese sentido, y para poder estructurar la reflexión en torno a las posibilidades que ofrecen el uso de análisis de corte histórico en términos de la recontextualización de saberes, a continuación se abordará el análisis que se hizo del trabajo de Carnot en donde se identificaron aspectos relevantes y problemáticas que permitieron la consolidación teórica de la máquina térmica.

## CAPÍTULO II

### 2. UBICACIÓN HISTÓRICA Y ANÁLISIS DE CORTE HISTÓRICO DEL TRABAJO DE CARNOT

La máquina de vapor es una prueba fehaciente de que a partir del calor se puede producir movimiento de manera continua, o como bien lo afirma Carnot, producción de potencia motriz. Estas máquinas marcaron todo un progreso en la historia, puesto que se logró desarrollar trabajo útil a partir del buen uso del calor y adecuarlo para ciertas necesidades de la época (la extracción de agua de las minas de carbón, la navegación, el transporte, etc.) Además, éstas se fueron perfeccionando a lo largo del tiempo y se comenzó a pensar ¿cómo podría dicha máquina alcanzar el máximo rendimiento? En este punto, es importante resaltar que la técnica se encontraba mucho más avanzada que la ciencia del calor, por lo que no se contaba con una teoría lo suficientemente sólida y completa para explicar todos los efectos que producía el calor cuando éste actuaba sobre los cuerpos.

Comúnmente se suele pensar que la ciencia tiene una estrecha relación con la tecnología y que de dicha relación proviene el quehacer científico, pero no siempre fue así y la creación de las máquinas térmicas son una prueba indiscutible de ello. La primera máquina térmica conocida fue fabricada por Herón de Alejandría, denominada *Eolípia*, en el siglo I, ésta no fue creada con fines científicos sino más bien con fines de entretenimiento. Pero, fue hasta después de varios siglos que personajes como Thomas Savery, Thomas Newcomen, James Watt y finalmente, Sadi Carnot, comenzaron un verdadero desarrollo científico y tecnológico enfocado en solventar necesidades tanto económicas como políticas y sociales de su época. Fue en Inglaterra, a principios del siglo XIX, donde se impulsó principalmente la construcción de máquinas térmicas y donde se logró un mayor éxito tecnológico.

El inglés Thomas Savery (1650-1715) construyó una máquina de vapor con fines prácticos para las necesidades que se presentaban en Inglaterra como disminuir el agua de las minas y proveer de agua a los edificios en altura. A dicha máquina la denominó “El amigo del minero”. Se puede decir que fue uno de los primeros usos industriales que se le daban a estos artefactos, pero a pesar de ello contaba con varias fallas significativas que impedían su buen rendimiento, y “solo extraía agua de pozos de poca profundidad. Savery intentó hacer varios ajustes a su máquina, como aumentar la presión en el interior de la caldera, pero estas explotaban a causa

de la presión excesiva” (Forero, 2014, pág. 12). Thomas Newcomen (1663-1729), herrero e inventor inglés, experto en la fabricación de instrumentos para las minas, perfeccionó la máquina de Savery volviéndola más eficiente y segura. La modificación que hizo Newcomen a la máquina fue acoplar en el pistón un balancín y transmitir el movimiento a distancia a través de dispositivos mecánicos, el continuo movimiento del pistón servía para bombear el agua y drenar la mina (Pérez , 2007). El trabajo de Newcomen en el mejoramiento de la máquina térmica fue especialmente empírico y a pesar de que se intentó mejorar la productividad de la máquina, el gran gasto de carbón para su funcionamiento resultaba siendo poco rentable.

Finalmente, el ingeniero escocés James Watt (1736-1819) en 1765, logró cuadruplicar el rendimiento de la máquina de Newcomen añadiéndole otro cilindro que actuaba como condensador separado para enfriar el vapor, así, no habría pérdida de calor en la máquina y el primer cilindro siempre estaría tan caliente como el vapor, evitando la condensación. Al respecto Forero (2014) afirma:

Watt no requirió mucho tiempo para detectar las fallas en el funcionamiento de la máquina. Una vez, puesta en funcionamiento, se sorprendió de la gran la cantidad de vapor que la pequeña máquina consumía, en relación con la cantidad de vapor producida en la caldera. Watt suponía que la poca eficiencia de la máquina se debía al hecho de que la admisión y la condensación del vapor de agua se llevaban a cabo en el mismo cilindro. Cuando el vapor entraba por segunda vez al cilindro, éste se encontraba a una temperatura inferior a la del vapor de la caldera a causa del enfriamiento producido en el proceso de condensación, rociando agua sobre el cilindro. Sin embargo, esta hipótesis no fue fácil de probar, para hacerlo requirió de la colaboración de Joseph Black, posiblemente la máxima autoridad en Europa sobre los fenómenos relacionados con el calor. (p. 14)

Los aportes antes mencionados en Inglaterra, permitieron transformaciones significativas en la humanidad, promoviendo cambios tecnológicos y sociales importantes con la llegada de la revolución industrial<sup>7</sup>, en donde la máquina térmica fue trascendental (Marín , 2017). Francia, en contraste con Inglaterra, presentaba un mayor retraso tecnológico pero un gran desarrollo científico, aportando una de las ciencias más prestigiosas de la época. En ese sentido, Ordoñez (1987) afirma:

---

<sup>7</sup> Iniciada en Gran Bretaña a mediados del siglo XVIII y concluida a mediados del siglo XIX

Las guerras con Inglaterra habían roto la comunicación entre los países y mientras en Gran Bretaña se habían producido avances muy importantes en la concepción y construcción de las máquinas de vapor, los intereses franceses por producir tecnología propia no habían dado los resultados deseados. En el transito del siglo XVIII al XIX se produjo en Francia una carrera un tanto desesperada por adquirir un nivel tecnológico aceptable, unas veces por medios propios y otras apelando a un incipiente espionaje industrial. (p. 17)

La búsqueda de máquinas más eficientes interesó a la industria minera y es entonces cuando un joven de 24 años escribe una obra denominada “*Reflections sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres a developper cette puissanceen*” en París en el año 1824, en donde a partir de la consolidación teórica de la máquina térmica “abrió el camino para sentar las bases de lo que serán las leyes fundamentales que gobiernan los procesos de la naturaleza en los que están involucradas las transformaciones de calor en trabajo” (Pérez , 2007).

Nicolas Léonard Sadi Carnot, perteneciente a la elite francesa que se formaba en la École Polytechnique, hijo de Lazare Carnot, reconocido científico y matemático, que contó con la fortuna de formarse académicamente al lado de los mejores científicos de su época, “planteó la posibilidad de realizar una ciencia que tratase los fenómenos caloríficos partiendo de la consideración de las máquinas térmicas” (Ordoñez , 1987, pág. 13). Él hizo evidente el éxito científico que poseía Francia y dio cuenta de que los intentos por mejorar el rendimiento de las máquinas de vapor deberían estar encaminados a ejecutarlos con una comprensión teórica de su funcionamiento y no solamente empírica.

Es así, como se dedicó a analizar la ciencia detrás de las máquinas de vapor, a dar cuenta de la producción de potencia motriz, a verificar la existencia de algún límite para la producción de dicha potencia y además, demostrar si el vapor de agua era la sustancia más eficiente o esta podría ser sustituida por vapor de alcohol o el mismo aire atmosférico. Carnot sugirió la idea de que las máquinas térmicas tenían la posibilidad de enseñarnos acerca de la naturaleza física ya que éstas eran productoras de potencia motriz y de ahí el análisis que en su libro desarrolla. Para él, el problema fundamental era poder explicar cómo es posible la producción de potencia motriz y cuál era la mejor manera de producirla y si bien, en algún momento se cuantifica dicha potencia motriz lo realmente importante era evidenciar el proceso mediante el cual ésta se producía.



De modo que, hace todo un análisis que permite evidenciar que la producción de potencia motriz del fuego es posible mediante el restablecimiento del equilibrio en el calórico. Por lo que es necesario que en la máquina térmica se encuentren dos fuentes de temperatura, una fuente a temperatura alta y una fuente a baja temperatura, pero además, un dispositivo intermedio que transporte el calórico de una fuente de temperatura a la otra y permita dicho restablecimiento. Razón por la cual, no solo es necesaria la existencia de las dos fuentes de temperatura en la máquina térmica para la producción de potencia motriz, sino que lo realmente importante es el proceso mediante el cual se da ese restablecimiento del equilibrio.

La obra de Sadi Carnot a pesar de ser presentada ante la academia de Ciencias en París, principal editor de libros científicos en Francia, no provocó ningún tipo de impacto o repercusión, siendo olvidada tiempo después. Esto debido a que la comunidad científica de la época contaba con una gran formación matemática y experimental y sus productos científicos expresaban con este mismo carácter, un ejemplo de ello fueron los trabajos presentados por Fourier o los trabajos de Gay-Lussac y Ampère, y las *Réflexions* no contaban ni con un gran algoritmo matemático ni con experimentos nuevos, más bien parecía un tratado de filosofía natural en donde a partir de descripciones ejecutó su objeto de estudio.

Sin embargo, años más tarde, el ingeniero francés Emile Clapeyron rescata la obra de Carnot, la interpreta y da la validez de su método de razonamiento, realizando así una revisión de la misma que publica en 1834 en su “Memoria sobre la potencia motriz del calor”. Al respecto Pérez (2007) afirma:

La primera labor de Clapeyron es la de clarificar y sistematizar el trabajo de Carnot. En primer lugar, dibuja y explica claramente el proceso utilizado por éste para su deducción sobre el rendimiento máximo (ciclo de Carnot), y matematiza algunos de sus resultados haciéndolos más legibles para la comunidad científica de la época. (p.7)

Luego, la obra de Carnot mereció la atención de prestigiosos científicos como el británico William Thomson (Lord Kelvin) y el alemán Rudolf Clausius, quienes tomaron su obra como un punto importante de partida para la formulación de la termodinámica clásica. Sadi Carnot fue considerado un pensador atento a las corrientes sociales de su época, un exponente de las sucesivas revoluciones industriales que caracterizaron la vida económica de Europa durante todo el siglo (Ordoñez , 1987). Las *Réflexions* fueron su única obra ya que murió ocho años después de escribirla.

A continuación, se realizará un análisis de la obra de Carnot con el fin de identificar los aspectos relevantes y las problemáticas que permitieron la consolidación teórica de la máquina térmica.

## 2.1. Restablecimiento del equilibrio en el calórico: Producción de potencia motriz

De acuerdo con Carnot, la producción de potencia motriz es posible mediante el restablecimiento del equilibrio en el calórico que implica el transporte de calórico de una fuente que se encuentra a alta temperatura hacia una fuente que se encuentra a baja temperatura. Pareciera ser que cuando Carnot menciona el restablecimiento del equilibrio en el calórico, en términos substanciales, lo está pensando bajo la premisa de que existe una relación de proporcionalidad entre el calórico y la temperatura de las fuentes, en donde lo importante para la producción de trabajo no es llegar al equilibrio térmico en sí, sino el proceso por el cual se llega a esa equilibración. Por lo cual, para poder producir potencia motriz es necesario mantener el desequilibrio (las dos fuentes de temperatura) para que el sistema tienda a equilibrarse. En efecto, para poder entender cómo es que se da ese restablecimiento del equilibrio en el calórico y en consecuencia la producción de potencia motriz, es necesario mencionar de qué consta una máquina de vapor y cómo es su funcionamiento.

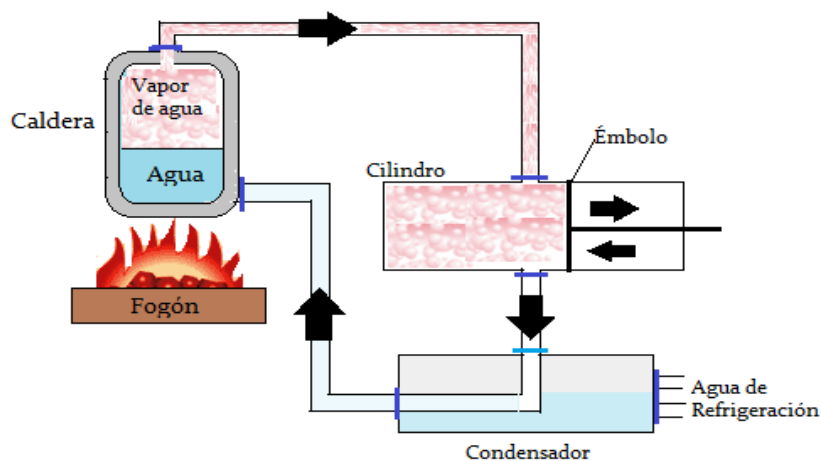


Figura 1. Representación de la máquina de Carnot. Fuente: Elaboración propia.

los cambios de volumen que sufre el vapor en distintos momentos; y finalmente, un condensador que es el responsable de licuar el vapor gracias al contacto con el agua fría que allí se encuentra.

La máquina de vapor ordinaria consta de un fogón o brasero en donde se produce el calórico; una caldera en la que se encuentra cierta cantidad de agua que por contacto con el calórico se transforma en vapor; un cilindro de vapor al que se encuentra acoplado un émbolo que se mueve por

Con respecto al funcionamiento de la máquina térmica y como se puede observar en la Figura 1, se describe de la siguiente manera: El calórico que se crea en el fogón, que es la fuente de alta temperatura, permea las paredes de la caldera y da lugar así a la producción de vapor al cual se adhiere. El vapor, llevando consigo el calórico lo transporta primero al cilindro donde desempeña una función determinada, y después es dirigido al condensador en donde se licua al entrar en contacto con el agua fría, que es la fuente de baja temperatura. Finalmente, el agua fría del condensador se apodera del calórico desarrollado en la combustión y se calienta por medio del vapor como si hubiese estado situada directamente en el fogón (Carnot, 1824).

Por esta razón, la potencia motriz de una máquina de vapor no se debe estrictamente al calórico desarrollado en el fogón sino también a una fuente fría a la que pueda ser trasladado ese calórico, es decir, al restablecimiento del equilibrio en el calórico de su paso de un cuerpo caliente a un cuerpo frío. Si solo existiera una fuente de temperatura en la máquina, no sería posible la condensación del vapor y por tal motivo no existiría manera de llegar a un equilibrio térmico, como se puede observar en la Figura 1. Es así, como es importante que la máquina térmica cuente con una fuente de temperatura alta que dé lugar a la creación de calórico y en efecto, la producción de vapor y una fuente de temperatura baja que permita la condensación del mismo. En consecuencia, Carnot afirma que “La producción de potencia motriz en la máquina de vapor se debe no a un consumo real del calórico, sino a su transporte de un cuerpo caliente a uno frío, es decir al restablecimiento de su equilibrio” (Carnot, 1824, pág. 41). De ahí, que en donde exista una diferencia de temperatura y donde se pueda restablecer el equilibrio en el calórico se puede generar potencia motriz.

De manera que, es necesario la existencia de un dispositivo intermedio que permita ese transporte de calórico de una fuente de temperatura alta a una fuente de temperatura baja. Es necesario la existencia de un medio por el cual se dé lugar al restablecimiento del equilibrio. Por ejemplo, si tenemos un recipiente con agua a  $20^{\circ}$  y sumergimos en ella un cuerpo de  $80^{\circ}$ , después de un tiempo el sistema llegará a un equilibrio térmico, por ejemplo de  $35^{\circ}$ . Podemos observar, que a pesar de la equilibración térmica que se obtuvo no se produjo potencia motriz, esto debido a lo que anteriormente se ha mencionado, lo importante no es llegar al equilibrio térmico sino el proceso por el cual se llega a ese equilibrio, es decir, el restablecimiento del equilibrio. Así pues, no hay producción de potencia motriz si se ponen en contacto dos cuerpos a diferentes temperaturas y hay un flujo directo de calórico, lo importante es que la transferencia del calórico de un cuerpo a otro se dé en condiciones de equilibrio y así ese

calórico se use para la producción de potencia motriz y no para un restablecimiento inútil del equilibrio.

Razón por la cual, la fuente de alta temperatura debe estar en equilibrio con el medio para que el calórico se utilice en la expansión del émbolo y no en la equilibración térmica de los dos cuerpos. De la misma manera, cuando el calórico va a la fuente de baja temperatura, el medio y dicha fuente deben estar en equilibrio para que nuevamente el calórico sea utilizado únicamente en la compresión, como se puede observar en la siguiente representación.

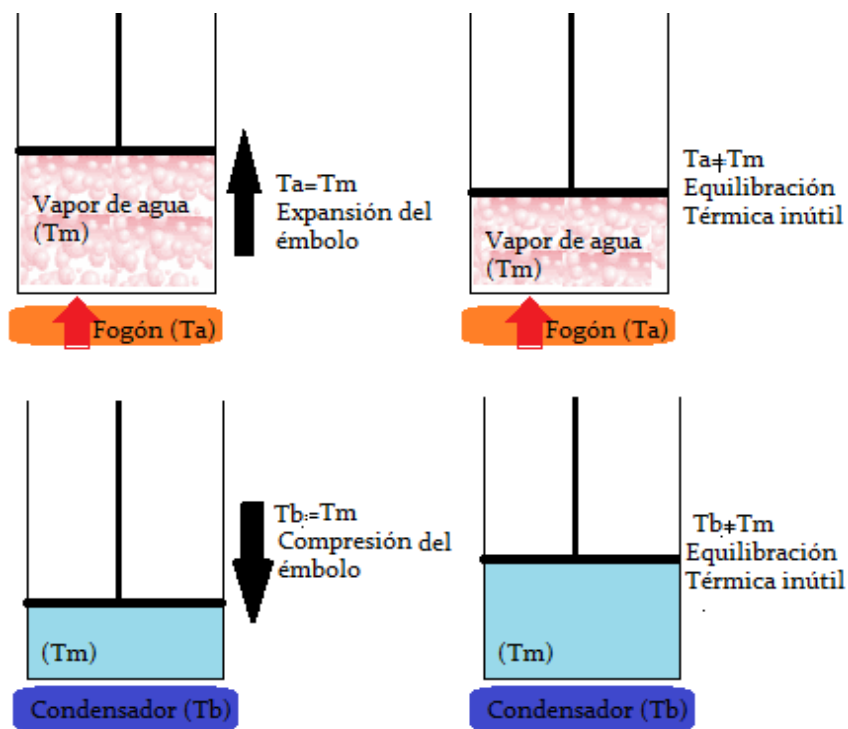


Figura 2. Representación restablecimiento del equilibrio en una máquina térmica.

Ahora bien, este medio debe poseer unas características específicas, como ser capaz de fluir, ser deformable y comprensible en cierto grado, tener posibilidades de dilatarse o contraerse, de calentarse o enfriarse con rapidez, etc., para así llevar a cabo procesos de variación de volumen que posibiliten el funcionamiento de la máquina térmica, es decir posibilita la producción de movimiento. Esto debido a que solo se alcanza el máximo de producción de potencia motriz si toda variación de temperatura se debe a una variación de volumen. Por lo que “todo cambio de temperatura que no se deba a un cambio de volumen en los cuerpos, no puede ser sino un restablecimiento inútil de equilibrio en el calórico” (Carnot, 1824, pág. 46).

Los fluidos elásticos, gases o vapores, son los verdaderos instrumentos apropiados para desarrollar potencia motriz del calor. Reúnen todas las condiciones necesarias para cumplir bien esta función. Son fáciles de comprimir, gozan de la facultad de expandirse casi indefinidamente; las variaciones de volumen les ocasionan grandes cambios de temperatura; finalmente son muy móviles, fáciles de calentar y de enfriar rápidamente, fáciles de transportar de un lugar a otro, lo que les da la facultad de producir con rapidez los efectos que se esperan de ellos (Carnot, 1824, pág. 87).

Pero, lo anterior no significa que un fluido sea el único medio por el cual pueda ser trasportando el calórico, si bien lo afirma Carnot (1824) “todos los cuerpos son susceptibles de realizar contracciones y dilataciones sucesivas por alternativas de calor y frío y desarrollar así potencia motriz”. Por lo que se pone de presente que cualquier medio tiene la posibilidad de variar su volumen en relación al flujo del calórico, en consecuencia, cualquier cuerpo de la naturaleza puede utilizarse para esta función. “Una barra metálica, por ejemplo, calentada y enfriada alternativamente, aumenta y disminuye de longitud y puede mover cuerpos fijados en sus extremos” (Carnot, 1824, pág. 42). Así pues, se independiza la idea de producción de potencia motriz con la del medio y se manifiesta así que la producción de potencia motriz no depende del agente utilizado, puesto que así como un gas, un metal también podría variar su volumen vinculado con flujos del calórico para producir potencia motriz.

Si bien, un sólido puede variar su volumen atendiendo a variaciones de temperatura, no resulta ser tan eficiente para la producción de trabajo. En el caso de la barra metálica, se pone a calentar y lo más común sería que la barra cambiase su longitud (débilmente ya que las fuerzas de cohesión son más fuertes), esto debido a un cambio de temperatura, luego no lo suficientemente elevada ya que si así lo fuera, la barra se destemplantaría. Además, enfriarla hasta reducir su volumen sería un esfuerzo aun mayor que el que se debe hacer al tratar de comprimir un gas como es el caso del vapor de agua. En consecuencia, para que la producción de potencia motriz sea eficiente es necesario generar variaciones considerables de temperatura que impliquen cambios significativos de volumen en la barra y por lo que se evidencia, en un sólido es bastante complicado.

Por lo tanto, Carnot (1824) afirma que: como en los cuerpos sólidos los cambios de volumen producen pocos cambios de temperatura y además la condición para emplear de un modo óptimo el calor en el desarrollo de la potencia motriz es, precisamente, que

todo cambio de temperatura se deba a un cambio de volumen, los cuerpos sólidos parecen poco adecuados para realizar dicha potencia. (p.87)

Así pues, el vapor de agua es un medio seguro para la producción de potencia motriz, ya que se puede calentar fácilmente, el enfriamiento es más fácil e inmediato y se puede cambiar la temperatura<sup>8</sup> y romper el equilibrio del calórico tantas veces como se desee. Para dar cuenta de esta afirmación Carnot se imagina dos cuerpos A y B mantenidos a temperaturas constantes, pero siendo la temperatura de A mayor que la de B y a partir de estos cuerpos da cuenta del funcionamiento de una máquina de vapor, siendo A el fogón y B el condensador, con la finalidad de generar producción de potencia motriz.

Entonces, se toma calórico del cuerpo A para formar vapor y dicho vapor se origina a la misma temperatura del cuerpo A. Una vez el vapor se transporta al cilindro dotado del émbolo aumenta su volumen y por lo tanto desciende espontáneamente de temperatura hasta llegar a la temperatura del cuerpo B, finalmente se condensa al ponerlo en contacto con el cuerpo B. En este punto Carnot hace la precisión de que si bien no es posible la condensación del vapor si los cuerpos están a la misma temperatura, basta con una pequeña diferencia de temperatura, por muy pequeña que sea, para que se determine dicha condensación.

Del mismo modo, se podría describir el proceso en sentido contrario, es decir, formar vapor a expensas del calórico del cuerpo B, y a ese cuerpo comprimirlo hasta que llegase a la temperatura del cuerpo A, con el fin de condensarlo y continuar la comprensión hasta una licuefacción completa. En términos simples, si el calórico es transportado de un cuerpo caliente a un cuerpo frío la consecuencia es la producción de potencia motriz, pero si es en sentido contrario, de un cuerpo frío a uno caliente hay consumo de potencia motriz y retorno del calórico del cuerpo frío al cuerpo caliente.

Sin embargo, en el proceso anterior se evidenció cómo se tomó calórico del cuerpo A para producir vapor y después de toda una serie de funciones se encuentra al final a la temperatura del cuerpo B, esto significa que se ha enfriado y para volver a empezar el ciclo habría que poner en contacto los dos cuerpos que se encuentran a temperaturas diferentes, la temperatura del cuerpo A con la del cuerpo B. Esto implicaría un contacto directo de dos cuerpos a temperaturas diferentes, el paso directo del flujo del calórico, que como resultado se obtendría un restablecimiento inútil de equilibrio en el calórico y pérdida de potencia motriz.

---

<sup>8</sup> Puesto que el vapor de agua eleva su temperatura por compresión y desciende su temperatura por rarefacción.

Pero no solo en este caso hay pérdida de potencia motriz sino también en el momento en el que es alimentada la caldera con agua que en efecto se encuentra más fría que la contenida en ella. Una manera de solucionar las pérdidas anteriores sería, en el primer caso suponer que la diferencias de temperaturas del cuerpo A y del cuerpo B son infinitamente pequeñas y en el segundo caso, alimentar la caldera con agua caliente, así no habrá un restablecimiento inútil del equilibrio y por lo tanto no habrá pérdida de potencia motriz, pero implicaría un ajuste o una máquina auxiliar de la máquina térmica.

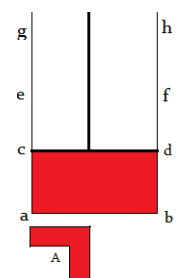
## 2.2. Del medio al proceso

Es claro que la sustancia que actué como medio para que transporte el calórico de una fuente de temperatura a otra debe poseer unas características específicas, como ser capaz de fluir, variar fácilmente su volumen en torno a variaciones de temperatura, ser deformable, etc. Y si bien conocemos las características que debe poseer la sustancia intermedia para dar lugar a la producción de potencia motriz, lo importante no es la sustancia en sí sino el proceso que experimenta, la serie de operaciones que desarrolla para transportar el calórico de una fuente de temperatura a otra. Ya que “la potencia motriz del calor es independiente de los agentes que intervienen para realizarla; su cantidad se fija únicamente por la temperatura de los cuerpos entre los que se hace, en definitiva, el transporte del calórico” (Carnot, 1824, pág. 55).

Es así, como se realizará una descripción del proceso que conlleva el medio en la máquina de vapor para dar lugar a la producción de potencia motriz, centrándonos en una visión general del comportamiento del gas en el cilindro.

Se tiene vapor de agua encerrado en un vaso cilíndrico *abcd* provisto de un émbolo *cd*. Además, dos cuerpos A y B mantenidos a temperatura constante, siendo la temperatura de A mayor que la de B.

1. El cuerpo A se pone en contacto con las paredes del cilindro transmitiéndole calórico al agua que allí se encuentra, de tal manera que se produce vapor de agua a la misma temperatura del cuerpo A.



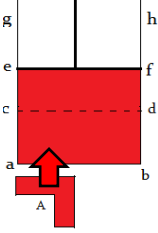
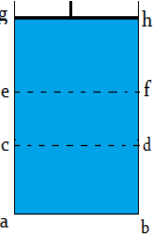
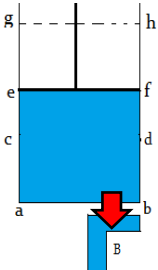
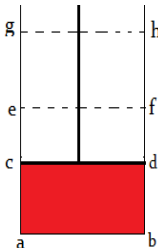
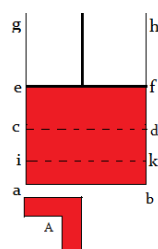
<p>2. El vapor se expande hasta alcanzar la posición <i>ef</i> pero mantiene su temperatura debido al contacto que mantiene con el cuerpo A.</p>	
<p>3. El vapor de agua deja de estar en contacto con el cuerpo A. Se sigue expandiendo hasta alcanzar la posición <i>gh</i> debido al calórico que mantenía luego del contacto con el cuerpo A. Sin embargo, su temperatura desciende hasta llegar a la misma temperatura del cuerpo B.</p>	
<p>4. El vapor de agua se pone en contacto con el cuerpo B y se comprime hasta llegar a la posición <i>cd</i>. A pesar de ello, su temperatura no aumenta puesto que cede el calórico restante al cuerpo B.</p>	
<p>5. El vapor de agua deja de estar en contacto con el cuerpo B y se continúa comprimiendo hasta llegar a la posición <i>cd</i>. Su temperatura aumenta hasta llegar a la misma temperatura del cuerpo A. <b>Las condiciones son iguales a las condiciones iniciales. Termina el ciclo y vuelve a empezar.</b></p>	
<p>6. Se coloca en contacto nuevamente el cuerpo A con el vapor de agua y el émbolo asciende a la posición <i>ef</i> pero su temperatura no varía ya que la fuente de temperatura A le proporciona el calórico. Nótese que éste proceso es igual al proceso dos (2) y así sucesivamente se repiten los procesos.</p>	

Tabla 1. Elaboración propia.

Como se ha venido mencionando, todo cambio de temperatura que no se deba a un cambio de volumen necesariamente se debe a un contacto directo entre cuerpos a temperaturas diferentes y por ende, al paso directo del calórico de un cuerpo caliente a uno frío. Esto implica



un restablecimiento inútil del equilibrio en el calórico y la razón por la cual no se dé el máximo de producción de potencia motriz.

En las operaciones descritas por el gas en el cilindro, al poner en contacto el cuerpo A con las paredes del cilindro, el calórico impregnó dicha pared y dio lugar a la formación de vapor de agua, encontrándose éste a la misma temperatura del cuerpo A, es decir, se estableció un contacto en condición de equilibrio térmico. El cambio de temperatura que le ocurre seguidamente al gas se debe a la dilatación que éste sufre, como consecuencia del cambio de volumen que experimenta y al no estar en contacto con el cuerpo A, su temperatura desciende hasta alcanzar la misma temperatura del cuerpo B. Finalmente se pone en contacto con el cuerpo B, nuevamente contacto en condición de equilibrio térmico, se comprime hasta que su temperatura se eleve y continúa así el ciclo.

En esta serie de operaciones no hay pérdida de potencia motriz puesto que en ningún momento se da lugar a un contacto entre cuerpos a temperaturas diferentes y por ende, un restablecimiento inútil del equilibrio en el calórico y es así, como se cumple todas las condiciones del máximo. Ahora bien, el resultado de las operaciones inversas sería el consumo de esa potencia motriz y en consecuencia, el retorno del calórico al cuerpo A o al cuerpo B.

Podemos evidenciar que el vapor de agua experimenta cuatro procesos reversibles<sup>9</sup>, de los cuales dos son isotérmicos y dos son adiabáticos. (2) Una expansión isotérmica donde la temperatura permanece constante a pesar de la dilatación; (3) Una expansión adiabática en la que el gas continua dilatándose a pesar de que no hay contacto con la fuente que le proporciona el calórico, es decir, variaciones de temperatura sin flujo de calor; (4) Una compresión isotérmica en la que el gas se comprime y a pesar de esto su temperatura continua constante cediéndole el calórico restante a la fuente; y por último, (5) Una compresión adiabática en la que el gas se continua comprimiendo sin estar en contacto la fuente y eleva su temperatura para volver a continuar con el ciclo.

Este es sin duda, el ciclo de Carnot, donde se plantea la manera en la que es posible llegar al máximo de producción de potencia motriz en la máquina térmica.

---

<sup>9</sup> Se dice que un proceso es reversible cuando es secuencia continua de estados de equilibrio. Son procesos “ideales” en los cuales el sistema no cambia al invertir la direccionalidad del proceso y regresar al estado inicial.

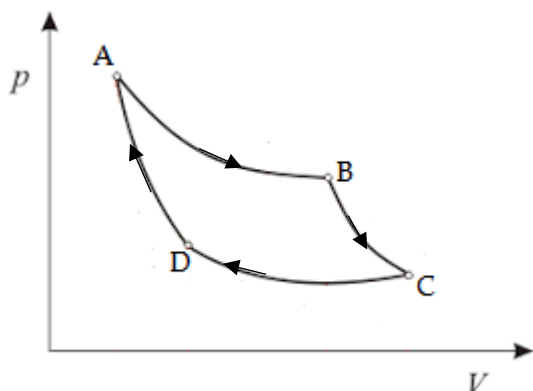


Figura 3. Diagrama del ciclo de Carnot, establecido por Clapeyron. Fuente: Elaboración propia.

1. Expansión isotérmica de A→B:

Se pone en contacto el gas con la fuente de temperatura  $T_A$  permitiendo así que se expanda. Debido a su contacto con la fuente no se enfría por lo que su  $T = \text{cte}$ . (La transferencia de calor entre la fuente y el gas se da en condiciones de equilibrio térmico).

2. Expansión adiabática de B→C:

El gas se aísla térmicamente de la fuente y continúa expandiéndose, realizando un trabajo adicional y descendiendo su temperatura de  $T_A$  a  $T_B$ .

3. Compresión isoterma de C→D:

Una vez alcanzada la temperatura  $T_B$  el gas se pone en contacto con la fuente a temperatura  $T_B$  y se hace trabajo sobre él comprimiéndolo. Éste tenderá a superar la temperatura de  $T_B$  por la compresión pero existe un flujo de calor hacia la fuente que permite que la temperatura permanezca constante.

4. Compresión adiabática de D→A:

Nuevamente se aísla térmicamente el gas y se sigue comprimiendo hasta que la temperatura  $T_B$  aumente hasta llegar a la temperatura  $T_A$ , esto como consecuencia del trabajo realizado sobre el gas.

Este ciclo resulta ser el más sencillo puesto que solo se utilizan dos fuentes de temperatura, una más caliente y una menos caliente y hacen más fácil su funcionamiento; además, las transferencias de calor se efectúan únicamente en condiciones de equilibrio entre la fuente de temperatura y el gas, es decir, en los procesos isotérmicos. Es así, como las transferencias de calor están asociados a los procesos de equilibración térmica y los procesos reversibles son planteados como condición para la producción de potencia motriz.

### 2.3. Relación entre la diferencia de temperatura y la producción de potencia motriz

Se ha mencionado que la potencia motriz del fuego es posible mediante la transferencia de calórico de una fuente a alta temperatura a una fuente de baja temperatura, pero no se ha dado

a conocer ninguna relación entre las diferencias de temperatura y la cantidad de potencia motriz producida. Pareciera bastante obvio suponer que a diferencias iguales de temperatura las cantidades de potencia motriz producidas también sean iguales, pero ¿la potencia motriz producida en el transporte de calórico de una fuente de 100° a una fuente de 50° es proporcional al transporte del mismo calórico de una fuente de 50° a una de 0°?

Supongamos dos cantidades de gas iguales en peso y en volumen pero a temperaturas diferentes encerrados en un cilindro dotado de un émbolo. En el primer caso, la fuente de temperatura A se encuentra a 100° y la fuente de temperatura B se encuentra a 50°. En el segundo caso, la fuente de temperatura A' se encuentra a 50° y la fuente de temperatura B' a 0°. “La cantidad de potencia motriz producida es en cada caso la diferencia de temperatura entre la que se produce el gas en su dilatación y la que se necesita utilizar para volver a su volumen primitivo” (Carnot, 1824, pág. 74).

Así mismo, la cantidad de calórico empleado es el que el cuerpo A proporciona al gas para mantenerlo a la temperatura de 100° y la cantidad de calor empleado en el segundo caso, es la que el cuerpo A' proporciona al gas para mantenerlo a la temperatura de 50°. Si las cantidades de calórico utilizadas en ambos casos fuesen las mismas, nada impediría que las cantidades de potencia motriz producidas también sean iguales. Pero, ¿Las cantidades de calórico utilizados en ambos casos son iguales? No lo son, debido a que necesito más calórico para mantener a 100° la temperatura de cierta cantidad de gas cuyo volumen aumente, que para mantener a 50° la temperatura de ese mismo gas durante una dilatación semejante. Es así como Carnot afirma que “la cantidad de calor debida al cambio de volumen de un gas es tanto más considerable cuanto más elevada sea la temperatura” (Carnot, 1824, pág. 75) aunque también menciona que no tiene pruebas suficientes para demostrar dichas afirmaciones.

Aun así, esas cantidades desiguales de calórico producirán cantidades iguales de potencia motriz para caídas de calórico iguales, debido a que las diferencias de temperatura en ambos casos son semejantes en la escala termométrica. Pero se puede llegar a la siguiente conclusión, a pesar de que en ambos casos se produce la misma cantidad de potencia motriz, se necesitó más calórico en el primer caso para producirla, por lo que la caída de calórico produce más potencia en grados de temperatura inferiores puesto que la inversión de calórico es menor. En pocas palabras, una cantidad dada de calórico desarrollara más potencia motriz pasando de un cuerpo mantenido a 50° a otro de 0°, que si esos dos cuerpos hubiesen estado a las temperaturas de 100° y 50°.

## 2.4. Concepción del calórico

Se puede evidenciar a primera vista que la concepción de calórico que tenía Carnot es muy parecida a la de Lavoisier, una idea sustancial del mismo pero en este caso considerado como una propiedad que se transmite de manera espontánea de los cuerpos más calientes a los más fríos. Es así como el calor no es considerado como propio de los cuerpos sino más bien como una cantidad que está en la capacidad de fluir y de transmitirse de un cuerpo a otro. Del mismo modo, en el momento en que Carnot (1824) afirma que “el calórico se crea en el fogón, atraviesa las paredes de la caldera y se incorpora de alguna manera al vapor desarrollado [...]” se puede apreciar que se refiere al calórico como ese fluido sutil, imponderable, con la capacidad de elevar la temperatura de un cuerpo y combinarse con la sustancia para generar un cambio de fase (ya sea formar líquidos o gases).

El calórico es visto más bien como un fluido, en el sentido que es transportado de una fuente caliente a una fuente fría para dar lugar al restablecimiento del equilibrio y así producir potencia motriz, por lo cual puede desplazarse e interactuar con el vapor, cediéndole o quitándole calórico. Es decir, aunque interactúa con la sustancia (vapor) el calórico está más relacionado con el proceso por el cual a partir de las diferencias de temperatura en la máquina de vapor se puede producir trabajo.

A diferencia de Carnot, y aunque en un principio se propuso que tenían la misma concepción de calórico, Lavoisier lo pensaba desde otra perspectiva. Para él, el calórico, aunque también era pensado como un fluido sutil y elástico, estaba directamente relacionado con la sustancia. Se pensaba el calórico no de manera dinámica<sup>10</sup> sino estática. Un calórico que impregnaba la sustancia e interactuaba con sus moléculas generando variaciones apreciables en la misma. Para explicar lo anterior, es necesario inferir en ¿Qué fenómenos no podían ser explicados en la época para atribuirle a un fluido semejantes características?

Los cambios de volumen que producían cuerpos, principalmente sólidos y líquidos, al ser calentados saltaban a la vista y necesitaba ser explicado, o por lo menos personajes como Antoine Lavoisier intentaron dar una explicación a este fenómeno. Para él, los cuerpos obedecían a dos tipos de fuerzas que actuaban sobre el mismo: una fuerza atractiva entre sus moléculas y una fuerza repulsiva causada por el calor. Esta deducción es resultado de un

---

<sup>10</sup> Carnot considera el calórico de manera dinámica en el sentido que se desplaza de una fuente de temperatura a otra y está directamente relacionado con el proceso de variaciones de temperatura para la producción de potencia motriz.

análisis que realizo luego de observar el comportamiento de un cuerpo sólido, ya que al ser calentado aumentaba su volumen, significando así que sus moléculas se separaban cada vez más y más, pero al momento de dejar enfriar dicho cuerpo, las moléculas comenzaban a acercarse de tal manera que el cuerpo volvía a su volumen primitivo, es decir, sus moléculas se atraían entre sí.

Es así, como los cuerpos podían estar en estado sólido, líquido o gas, según la relación entre estas fuerzas. O sea la relación entre la fuerza atractiva de sus moléculas o la repulsiva del calor<sup>11</sup>. La fuerza repulsiva tenía una estrecha relación con un fluido sutil que impregnaba el cuerpo y que en su interacción con el mismo, se distribuía de tal manera que separaba las moléculas unas de otras. A este fluido se le dio el nombre de Calórico.

Ahora bien, García (2007) cita un ejemplo muy interesante que hace Lavoisier para dar cuenta de la capacidad de los cuerpos para contener la materia del calor<sup>12</sup> y es el siguiente: si se mete en agua unos pedazos de madera de distintas especies, pero de igual volumen, dicho fluido se introducirá poco a poco en sus poros y aumentará de peso; pero cada especie admitirá en ellos diferente cantidad de agua; las más porosas y ligeras admitirán más, y las más densas menos. Así mismo pasa con la capacidad que tienen los cuerpos de almacenar calórico, existen cuerpos que por diferentes características propias de su estructura almacenan más o menos calórico<sup>13</sup>.

A modo de conclusión, Carnot nos aporta criterios fundamentales para dar cuenta del funcionamiento de la máquina térmica que tienen que ver específicamente con el restablecimiento del equilibrio y los procesos por los cuales se da dicho restablecimiento. En ese mismo sentido, es posible entender ¿Por qué no es posible que una máquina térmica alcance la máxima producción de potencia motriz? puesto que en una máquina térmica no idealizada siempre se sufrirá un contacto directo entre cuerpos a temperaturas diferentes y por lo tanto habrá un restablecimiento del equilibrio inútil, ya sea cuando se alimente la caldera o cuando el ciclo vuelva a empezar.

Ahora bien, después de identificar los aspectos importantes que le permitieron a Carnot la consolidación teórica de la máquina térmica, podremos dar paso a recontextualizar el trabajo de Carnot en el sentido de poder a través de unos problemas de conocimiento, que se establece

---

<sup>11</sup> Grado de calor al que está expuesto el cuerpo.

<sup>12</sup> Hoy en día conocido como “capacidad calorífica”

<sup>13</sup> Actualmente está definido como el grado de dificultad que presenta un cuerpo para experimentar cambios de temperatura bajo el suministro de calor.

el maestro por su cuenta al ser crítico en su práctica o problemas que se suscitan en el aula con ayuda de los estudiantes, aportar elementos a propósito del análisis que se hizo de su obra, para solucionar esos problemas de conocimiento planteados o posibilitar la creación de situaciones de estudio pertinentes para una enseñanza contextualizada y encaminada en la estructuración y elaboración de explicaciones de los fenómenos físicos.

## CAPÍTULO III

### 3. REFLEXIÓN ACERCA DE LA RECONTEXTUALIZACIÓN DEL TRABAJO DE CARNOT PARA LA ENSEÑANZA DE LA TERMODINÁMICA

Cuando se plantea la recontextualización se acude a los textos originales, con el fin de establecer algunas problemáticas de estudio en términos de dos miradas relevantes: la primera en relación con los problemas que abordaron los científicos, particularmente, los problemas que abordó Carnot en su época alrededor de las máquinas térmicas; y la segunda, en relación con los problemas de conocimiento y de enseñanza alrededor de las ciencias, específicamente la termodinámica.

En cuanto a las problemáticas que Carnot plantea, nos encontramos con una necesidad crucial en su época, que tenía que ver con el poder conseguir que las máquinas de vapor tuviesen el máximo rendimiento posible y si bien, pareciera ser un problema de carácter técnico, a través del trabajo que Carnot desarrolla se transforma en un problema de carácter científico, ya que logra llegar a un principio general del funcionamiento y de la máxima eficiencia en una máquina térmica reversible, que más adelante Clapeyron expresa que el principio de la máquina térmica no es solo principio de funcionamiento, sino que se constituye en una ley de la naturaleza, que posteriormente se expresa como la ley de la irreversibilidad, segunda ley de la termodinámica.

En cuanto a la enseñanza, existen unos problemas de conocimiento alrededor de la máquina térmica que se traducen en la manera en la que ésta es abordada en los libros de texto de termodinámica y de los cuales, la mayoría de docentes se apoya a la hora de dar sus clases. En dichos libros de textos, la máquina térmica se estudia con el fin de hacer evidente la transformación de calor en trabajo y por lo tanto, se resume en una actividad de contabilidad y verificación en cuanto al trabajo producido y la eficiencia obtenida por la misma. Así, el abordaje de la máquina térmica se centra en la ecuación de eficiencia en donde se pone de presente que la producción de movimiento se encuentra determinado por las diferencias de temperatura, es decir, el movimiento se encuentra relacionado con el desequilibrio térmico.

$$e = \frac{W}{Q_A} = 1 - \frac{|Q_B|}{|Q_A|} = 1 - \frac{T_B}{T_A}$$

Respecto a ello, ¿Qué análisis puede elaborar un estudiante en torno a la producción de movimiento en una máquina térmica si se encuentra con una enseñanza basada en las formalizaciones matemáticas? ¿Cómo podría dar cuenta de los procesos por los cuales se produce movimiento? En ese sentido, toma relevancia volver a la obra de Carnot, para que a través de sus aportes se logre articular una enseñanza de la máquina térmica en la que el estudiante comprenda las preguntas, los problemas de conocimiento y los fenómenos involucrados en la formalización teórica a propósito del funcionamiento de la máquina térmica misma, y por otra parte configure problemas de conocimiento que le permitan elaborar sus propias explicaciones al respecto.

En relación con el análisis del trabajo de Carnot, Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego, se encuentra un aspecto muy importante en la reflexión, desarrollada en esta obra y que en los libros de texto generalmente no es mencionada, Carnot afirma que para que sea posible la producción de movimiento o “potencia motriz”, dicho en sus términos, lo importante no es el desequilibrio térmico sino el restablecimiento del equilibrio a través del flujo de calórico. Es decir, que el calórico se transporte de una fuente de alta temperatura a una fuente de baja temperatura y logre así reestablecer el equilibrio térmico. De manera que, la producción de potencia motriz de una máquina de vapor, de acuerdo con Carnot, no es vista como una transformación de energía, como se suele presentar en los textos, ni se debe estrictamente al calórico desarrollado en el fogón sino al transporte hacia una fuente fría para reestablecer el equilibrio.

En este sentido, al remitirnos al primer criterio que Carnot plantea para dar cuenta del funcionamiento de la máquina térmica, se crea un espacio de discusión que posibilita que el estudiante sea consciente de la necesidad de que existan dos fuentes de temperatura diferentes en la producción de movimiento, que se toma por evidente en los libros de texto, puesto que si solo existiera una fuente de temperatura ¿Cómo sería posible la condensación del vapor?, y comience a cuestionarse si realmente dicha producción de movimiento se da en términos de la desequilibración o la equilibración térmica.

Ahora bien, si la producción de movimiento se da en términos únicamente de las diferencias de temperatura, como se muestra en los textos, ¿poner en contacto dos cuerpos a temperaturas diferentes implica que se genere movimiento? o más bien, ¿se llega a un equilibrio térmico? Nuevamente Carnot nos aporta un elemento importante en la problemática



a tratar y es que si la diferencia de temperaturas no está mediada por un dispositivo no es posible producir movimiento. Es decir, es necesario que exista un medio por el cual se transporte el calórico de una fuente de temperatura a otra y posibilite así el restablecimiento del equilibrio. En ese orden de ideas, lo importante es que la transferencia de calórico de un cuerpo a otro se de en condiciones de equilibrio, para que así el calórico sea utilizado en la expansión y compresión del medio para producir potencia motriz y no en un restablecimiento inútil del equilibrio. Este segundo aporte de Carnot, toma relevancia para el estudiante, puesto que le permite entender que no es el transporte de calor directo por contacto entre la fuente de alta temperatura y la de baja temperatura lo que produce movimiento, sino que mediante tal transporte de calor a través de un dispositivo, la transferencia de calor se da entre las fuentes y el dispositivo en condiciones de equilibrio; para lo cual se requiere de unos procesos muy particulares para lograr así la producción de potencia motriz y que tal producción sea la máxima posible, ello implica que los procesos impidan el restablecimiento inútil del equilibrio, o sea el contacto directo de cuerpos a temperaturas diferentes, y así los flujos de calor deben darse en condiciones de equilibrio.

*“Así, en el funcionamiento de la máquina térmica, el calórico al dar lugar a la formación de vapor, se encuentra a la misma temperatura de la fuente A (Fogón), luego dicho vapor se expande pero al mantenerse en contacto con la fuente A mantiene su temperatura constante, es decir, experimenta una expansión isotérmica. Después, el vapor deja de estar en contacto con la fuente A y se sigue expandiendo, por lo que su temperatura desciende hasta alcanzar la temperatura de la fuente B (condensador), en ese sentido, se experimenta una expansión adiabática en donde se evidencia variaciones de temperatura que no implican flujos de calor. Enseguida, el vapor se pone en contacto con la fuente B y se comprime, pero su temperatura no aumenta debido a que el agua fría del condensador se apodera del calórico restante y se experimenta así una compresión isotérmica. Para que finalmente, el vapor deje de estar en contacto con la fuente B, se siga comprimiendo y su temperatura aumente hasta llegar nuevamente a la temperatura de la fuente A y se inicie nuevamente el ciclo. En este último proceso se experimenta una compresión adiabática.”*

Procesos que al ser explicados detalladamente, permitirían que el estudiante comprenda porqué para Carnot la máxima producción de potencia motriz se realiza a partir de expansiones y compresiones isotérmicas y adiabáticas de un agente que sirve como mediador entre las dos fuentes de temperatura, como se muestra en su ciclo. Procesos que se ponen de presente en los libros de texto de enseñanza cuando se abordan los gases ideales y los diagramas presión-

volumen ( $p\nu$ ), pero que carecen de sentido en la explicación del funcionamiento de la máquina térmica y en ese mismo sentido, la máxima eficiencia que puede tener una máquina térmica reversible en un ciclo ideal.

Ahora bien, otro punto importante para resaltar, tiene que ver con la visión del calor desde la perspectiva de Carnot y la que se muestra en los libros de texto a propósito de la máquina térmica. En los libros de texto se evidencia una mirada energetista del calor, en donde se establece una relación entre el trabajo obtenido respecto al calor invertido en la máquina térmica y en ese sentido, el proceso se da por transformaciones de energía, una transformación de energía térmica en energía mecánica. Carnot por su parte, tenía una mirada sustancialista del calor-calórico, al parecer como un fluido sutil que impregnaba los cuerpos, puesto que afirma que “el calórico desarrollado en el fogón, atraviesa las paredes de la caldera, da lugar a la formación de vapor, al que de alguna manera se incorpora” (Carnot, 1824, pág. 40), pero en ningún momento se detiene a tratar de definir o explicar algo acerca de su naturaleza sino que se centra en dar cuenta de éste en términos del transporte que efectúa para dar lugar al restablecimiento del equilibrio que posibilite la producción de potencia motriz.

Es entonces, como a partir de los aportes que Carnot hace es posible entender esas afirmaciones que se hacen en los libros de texto, que el calor es una variable de proceso, puesto que Carnot en su obra vincula el calor con los procesos que éste efectúa para la producción de potencia motriz, por lo cual se detiene a describir los procesos de expansión de vaporización y condensación, que son los que en últimas permiten la producción de potencia motriz.

En conclusión, al observar la manera en la que es abordada la máquina térmica en los libros de texto de enseñanza de la termodinámica, es posible identificar algunas limitaciones que tienen que ver principalmente con la superficialidad con que se da cuenta de la producción de movimiento, la importancia que se le asigna únicamente a la existencia de dos fuentes diferentes de temperatura para que la máquina térmica funcione y la relevancia que se da a las transformaciones energéticas. En donde, se deja de lado los fenómenos relacionados con la máquina térmica y los procesos por los cuales es posible su funcionamiento. En ese sentido, el diálogo que se hace con Carnot toma relevancia, puesto que a partir de los aspectos que él pone de presente en cuanto a la máquina térmica, se pueden enfrentar las limitaciones, que se encuentran en las propuestas usuales de enseñanza de la termodinámica, y es posible estructurar alternativas de enseñanza encaminadas en la comprensión de los fenómenos físicos por parte de los estudiantes.

Así, mostrar la importancia del restablecimiento del equilibrio, a través de un dispositivo intermedio que transporta el calor de una fuente de temperatura a otra, para la producción de movimiento que presenta Carnot, implica que el estudiante primero entre a cuestionarse el funcionamiento de la máquina térmica y comience a analizar si realmente es por el desequilibrio térmico que se da lugar a la producción de movimiento o es más bien a través del restablecimiento del equilibrio que dicho movimiento es posible. Y segundo, logre comprender que existen unos procesos que experimenta el dispositivo intermedio con las fuentes de temperatura, que posibilitan la máxima eficiencia de una máquina térmica y que corresponden a los procesos isotérmicos y adiabáticos que normalmente se muestran en el ciclo de Carnot, pero que habitualmente en los libros de texto no están relacionados con lo que se suele mencionar de la máquina térmica.

Finalmente, se pretende lograr que el estudiante entienda que los problemas alrededor de una máquina térmica no solo tienen que ver con la transformación de calor en trabajo sino que alrededor de ello hay toda una implicación en torno a las fuentes de temperaturas, en donde dichas fuentes se encuentran en constante interacción con un medio, especialmente un gas o un vapor, y que todo ello se efectúa a través de procesos a partir de los cuales se impide el restablecimiento inútil del equilibrio. En este orden de ideas, es posible estructurar una enseñanza contextualizada en donde se pone de presente algunas leyes de la termodinámica, que usualmente se enseñan por separado, articuladas a un problema particular, las máquinas térmicas.

#### 4. Consideraciones finales

A partir del trabajo investigativo, fue posible evidenciar que alrededor de la importancia de la historia de las ciencias en la enseñanza, se han presentado diversas posturas y argumentaciones en torno al uso y a las ventajas que trae consigo abordarla. Pero, en el trabajo que se realizó, el enfoque en el cual se fundamentó el uso de la historia de las ciencias en la enseñanza tuvo que ver con poder identificar, a través de las obras de los científicos, elementos importantes que aportarán a la recontextualización de saberes para la enseñanza de la termodinámica enmarcada en la posibilidad de establecer problemas de conocimiento o situaciones de estudio a partir de una reflexión, vinculando la actividad científica con la actividad de enseñanza, en donde no es posible separar el conocimiento de quienes lo elaboran y a partir del cual, se pudo estructurar algunas consideraciones en torno a la forma de enseñar la máquina térmica; estableciendo así, un diálogo con los aportes y los problemas que Carnot planteó, y los problemas de conocimiento que se pudieron identificar en cuanto a la manera en que la que se aborda la máquina térmica en los libros de texto.

Es importante aclarar que el maestro es quien establece las problemáticas a través de las cuales centrará su análisis y en ese orden de ideas, acude a las obras de los científicos con el fin de establecer un diálogo con el autor que le permita construir conocimiento, criterios y elaborar explicaciones, que después recontextualiza nuevamente para poder llevar al aula. En ese sentido, el rol del maestro cambia, en contraste con los roles que se le atribuyen en la enseñanza habitual, puesto que pasa de ser un sujeto que reproduce unos productos científicos a ser un sujeto que se encuentra inmerso en la actividad de producción de conocimiento, participando así, activamente del conocimiento científico, identificando, aspectos fundamentales de esa actividad científica, apropiándose de dicho conocimiento, y a su vez reconociendo no solo el contexto educativo en el cual desempeña su labor educativa sino también los problemas de conocimiento que allí se pueden generar. Para finalmente, realizar procesos de recontextualización y estructurar formas significativas de enseñar las ciencias.

Ahora bien, a partir del análisis de corte histórico que se hizo del trabajo de Carnot, alrededor de las máquinas térmicas, fue posible identificar aspectos relevantes relacionados específicamente con el restablecimiento del equilibrio en el calórico y los procesos a partir de los cuales se da dicho restablecimiento. En ese sentido, se logró vincular esos aspectos del trabajo de Carnot con los problemas de conocimiento que se establecieron alrededor de la manera en la que se aborda el estudio de las máquinas térmicas en los libros de texto habituales.

Así, fue posible poner de presente que no es el desequilibrio térmico el que produce movimiento sino del restablecimiento del equilibrio. En donde, la imposibilidad de un contacto directo entre cuerpos a temperaturas diferentes juega un papel importante ya que está directamente relacionado con la pérdida de movimiento y en donde a partir de los procesos térmicos que experimenta el medio, es que se puede lograr la máxima eficiencia en una máquina térmica.

Finalmente, los aportes que hace un análisis de corte histórico, del trabajo de Carnot, a los procesos de recontextualización de saberes pertinente para la enseñanza, es que es posible estructurar una enseñanza de la termodinámica articulada, tomando como problemática a tratar el funcionamiento de la máquina térmica y en efecto, los planteamientos de Carnot como base de apoyo. En donde, tales planteamientos de Carnot, posibilitan abordar estudios alrededor de la máquina térmica como los procesos reversibles y la irreversibilidad de los procesos (Segunda ley); la naturaleza del desequilibrio y el equilibrio térmico (Ley cero); la “conservación” del calor en el ciclo, ya que el calor que se utiliza para producir potencia motriz siempre retorna a su estado original, y la posibilidad de mirar el calor no solo en términos energetistas sino también a través del transporte que efectúa para posibilitar la producción de movimiento; los procesos adiabáticos, isotérmicos; y por último, una aproximación a la temperatura absoluta (Tercera ley).

En donde lo realmente importante es que se puede articular el conocimiento y la enseñanza de la física en torno a una problemática general que permita que el estudiante comprenda los fenómenos físicos, construya explicaciones, se cuestione regularmente y se deje de lado esa enseñanza centrada en los contenidos que alejan el conocimiento físico de las realidades que vivimos y del mundo que nos rodea.

## Bibliografía

- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posiç-oes*, 17(49), 19-37.
- Ayala, M. M., Malagón, F., & Romero, Á. (1998). El esquema equilibración-desequilibración y los procesos termodinámicos. *Física y Cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*(4), 9-14.
- Beltrán, D. (2008). *Significado físico de la entropía en la enseñanza de la termodinámica. Tesis de Pregrado*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Brush, S. J. (1991). Historia de la ciencia y enseñanza de las ciencias. *CL & E: Comunicación, lenguaje y educación*, 169-180.
- Cabrera, H. G., & García, E. G. (2014). Historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias: el caso de la reacción química. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(2), 298-313.
- Campanario, J. M. (1998). Ventajas e inconvenientes de la historia de la ciencia como recurso en la enseñanza de las ciencias. *Revista de enseñanza de la física*, 11(1), 5-14.
- Cárdenas, M., & Ragout De Lozano, S. (1996). Explicaciones de procesos termodinámicos a partir del modelo corpuscular: Una propuesta didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 343-349.
- Carnot, S. (1824). *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia*. (J. Ordoñez, Trad.) Madrid: Alianza Editorial.
- Carvajal, I. (2012). Eficiencia y disimetría: El caso bioético de la máquina de vapor y de la idea de Carnot. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 12(2), 30-43.
- Castillo, J. C. (2008). La historia de las ciencias y la formación de maestros: la recontextualización de saberes como herramienta para la enseñanza de las ciencias. *Rollos Nacionales*, 73-80.
- Cuellar, G. (2017). *Reflexiones en torno a la configuración del concepto de entropía: Un análisis para la enseñanza de la termodinámica. Tesis de Pregrado*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Díaz, M. (1988). PODER, SUJETO Y DISCURSO PEDAGÓGICO: Una aproximación a la teoría de Basil Bernstein. *Revista Colombiana de Educación*(19), 107-118.
- Forero, S. M. (2014). *SADI CARNOT Y LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA. La Historia de la Ciencia como Pedagogía Natural*. Bogotá: Tesis para optar por el título de Doctor en Educación, Universidad Pedagógica Nacional.
- García, E. (1999). *Construcción del fenómeno eléctrico en la perspectiva de campos. Elementos para una ruta pedagógica. Tesis de maestría*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

- García , H. (2007). *Antoine Laurent Lavoisier. El investigador del fuego*. Ciudad de México: Editorial Pax México.
- Granés, J., & Caicedo, L. M. (1997). Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de enseñanza: Análisis de una experiencia pedagógica. *Revista Colombiana de educación*(34), 1-11.
- Iparraguirre, M. L. (2007). Una propuesta de utilización de la historia de la ciencia en la enseñanza de un tema de física . *Historia y epistemología de las ciencias*, 423-434.
- Jaramillo, M. (2011). *Estudio del impacto de los conceptos fundamentales de la Termodinámica en el desarrollo de la máquina térmica y el surgimiento de la revolución industrial. (Tesis de Maestría)*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Marín , G. (2017). *Enseñanza de máquinas térmicas mediante el enfoque CTS. (Tesis de Maestría)*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia .
- Márquez, C. (2005). Aprender ciencias a través del lenguaje. *Educación (Guadalajara, Jal.)*(33), 27-38.
- Mathews, M. (1994). Historia, Filosofía y enseñanza de las ciencias: Una aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias*, Vol 12, Nº 2; 255-277 .
- Ordoñez , J. (1987). Introducción, traducción y notas a Sadi Carnot. En S. Carnot, *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego* (págs. 1-32, 105-140). Madrid: Alianza.
- Orozco, J. C. (2005). Atajos y desviaciones. Los estudios histórico-críticos y la enseñanza de las ciencias. *Universidad Pedagógica Nacional*, 1-13.
- Ortiz , R. (2001). Ciclos de Carnot y rendimiento frigorífico. *Tecnología en Marcha*, 14(1), 107-115.
- Pérez , J. (2007). La Termodinámica de Carnot a Clausius. *Conferencia impartida en el curso "La Ciencia Europea antes de la Gran Guerra"*, Las Palmas de Gran Canaria, España.
- Rodríguez , L. D., & Romero, Á. (1999). La construcción de la historicidad de las ciencias y la transformación de las prácticas pedagógicas. *Física y Cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*(6), 3-16.
- Sala, J. M., & López, L. M. (2011). Concepto de la Termodinámica. *Termodinámica Fundamental. Tercera Edición*, 14-17.
- Sánchez , J. (2012). *Reflexiones sobre la entropía para la enseñanza de la termodinámica. Tesis de Pregrado*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Sarmiento, A. (2010). *Equilibración Térmica y flujo de calor: Un análisis para la enseñanza de la termodinámica. Tesis de Pregrado*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Velandía , J. M., & Ibáñez , N. A. (2015). *Análisis de los procesos de equilibración en la máquina térmica: Una alternativa para introducir el concepto de irreversibilidad en*

*la enseñanza de la segunda ley de la termodinámica. Tesis de Pregrado.* Bogotá:  
Universidad Pedagógica Nacional.