



**Las Reflexiones Metacientíficas sobre el Espacio-Tiempo Relativista como Propiciadoras de  
la Articulación entre la Formación Científica y la Formación Ciudadana**

Jairo Augusto Amaya Arroyave

Diego Alejandro Jaramillo Torres

Tesis de maestría presentada para optar al título de Magíster en Educación

Asesor

Yirsen Aguilar Mosquera, Magíster (MSc) en enseñanza de las ciencias

Universidad de Antioquia  
Facultad de Educación  
Maestría en Educación  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2022

---

Cita

(Amaya Arroyave & Jaramillo Torres, 2022)

---

**Referencia**

**Estilo APA 7 (2020)**

Amaya Arroyave, J. A., & Jaramillo Torres, D. A. (2018). *Las reflexiones metacientíficas sobre el Espacio-Tiempo relativista como propiciadoras de la articulación entre formación científica y formación ciudadana* [Tesis de maestría]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

---



Maestría en Educación, Cohorte IV.

Grupo de Investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza (ECCE).

Centro de Investigaciones Sociales y Humanas (CISH).



Centro de Documentación Educación

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Wilson Bolívar Buriticá.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Agradecimientos**

En primer lugar a Dios porque haya sido su voluntad que hayamos tenido esta maravillosa oportunidad de realizar la Maestría en Educación en Ciencias Naturales y además de haberla sabido aprovechar realizando este proyecto de investigación que nos permite crecer profesionalmente de la mano de la gloriosa Universidad de Antioquia y todos aquellos que la representan.

A nuestras familias, por alentar -desde su credo en nuestra convicción de crecimiento profesional- el esfuerzo que ha implicado en los diferentes ámbitos, alcanzar el umbral que hoy nos convierte en Magísteres en Educación.

A nuestra Alma Mater: La Universidad de Antioquia, por abrir sus puertas nuevamente y dar continuidad a una experiencia académica que iniciaría con nuestros pregrados y donde nuestra maestría ojalá, solo represente un punto medio en este trasegar disciplinar. A quienes en representación de sus respectivos roles dentro de la Universidad de Antioquia guiaron este proceso: al maestro Yirsén Aguilar Mosquera, director de esta realización, por mostrarnos un modo de ver la ciencia y su enseñanza donde el concepto científico extrapola su alcance formativo cuando se coloca en función de lo social; también por el compromiso y rigurosidad en sus aportes. A la maestra Fanny Angulo por su diligencia y compromiso generalizado con el programa académico. Al maestro Ángel Romero por estar presto a alentar y posibilitar el cumplimiento de los ideales intelectuales de los estudiantes, aún desde el pregrado. A todos los maestros que desde cada uno de los espacios del plan curricular del programa tributaron desde sus formaciones y experiencias a esta producción académica.

A nuestros evaluadores por la oportunidad de seguir adelante como Magísteres, desde sus devoluciones y comprensiones a estas proyecciones académicas que esperamos sean parciales de acuerdo con nuestro propósito de seguir creciendo profesionalmente. Para nosotros es claro que nuestra formación académica debe evolucionar en cada paso y es por eso que los aprendizajes que nos dejan sus evaluaciones son determinantes.

A nuestros compañeros, porque con ellos hemos construido una idea de mundo desde la colectividad que en sí misma se constituye -desde la perspectiva sociocultural de la ciencia- en un conocimiento que nos ha valido hoy finalizar satisfactoriamente con el intento por acrecentar las arcas del saber en tanto la ciencia y su enseñanza.

## Tabla de contenido

Resumen .....	8
Abstract .....	9
Introducción .....	10
1 Contextualización .....	12
2 Objetivos .....	16
2.1 Objetivo general .....	16
2.2 Objetivos específicos .....	16
3 Marco teórico .....	17
3.1 La formación científica y formación ciudadana: Una aproximación desde la ciencia como construcción social .....	17
3.2 Reflexiones metacientíficas como posibilidad para articular la formación científica y la formación ciudadana .....	20
3.3 Perspectiva sociocultural de la ciencia: Un marco interpretativo para las reflexiones sobre el espacio-tiempo como posibilidad de articulación entre la formación científica y la formación ciudadana .....	21
3.4 Revisión crítica del fundamento epistemológico del espacio-tiempo relativista: Construyendo habilidades científicas articuladoras de la formación científica y la formación ciudadana .....	24
4 Metodología .....	33
4.1 Enfoque y método .....	33
4.2 Contexto de la investigación .....	35
4.3 Informantes y criterios de selección .....	36
4.3.1 Disponibilidad .....	36
4.3.2 Conectividad .....	36
4.3.3 Interés .....	37
4.3.4 Iniciación en física .....	37
4.4 Recolección de la información .....	37

4.5 Sistematización y análisis.....	41
5 Hallazgos.....	44
5.1 Reflexiones sobre la ciencia como posibilidad para la articulación entre la formación científica y la formación ciudadana: el papel de la experimentación y la experiencia sensible en la construcción de explicaciones.....	44
5.2 La argumentación como condición para las prácticas discursivas: una posibilidad para articular la formación científica y la formación ciudadana.....	52
5.3 La reflexión sobre los fundamentos del espacio-tiempo relativista: una manera de articular la formación científica y la formación ciudadana.....	55
6 Consideraciones finales.....	62
7 Referencias.....	65
8 Anexos.....	70
8.1 Consentimiento informado.....	70
8.2 Acta de consentimiento informado.....	72
8.3 Actividad 1. Primera parte. El dilema de los héroes.....	73
8.4 Actividad 1. Segunda parte. El dilema de los héroes.....	76
8.5 Actividad 2. Segunda parte. El problema de Einstein.....	79
8.6 Actividad 3. Primera parte. El pensamiento de Einstein.....	82
8.7 Actividad 3. Segunda parte. El pensamiento de Einstein.....	84
8.8 Matriz de doble entrada. Caracterización de los discursos de los informantes.....	86

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Categorías, subcategorías e indicios</i> .....	37
--	----

## Resumen

Esta investigación señala inicialmente la necesidad de seguir trabajando en lograr un alcance formativo de los conceptos científicos en el ámbito social. A partir de lo anterior, emerge la cuestión acerca de cómo las reflexiones sobre y en la ciencia pueden articular la formación científica y la formación ciudadana. Bajo la intencionalidad de los investigadores se establecen unos objetivos que trazan la ruta para un marco teórico que da cuenta de los fundamentos disciplinares, históricos y epistemológicos del espacio-tiempo relativista, de donde emergen los indicios de las habilidades científicas. También remarca los aspectos que permiten considerar la ciencia como una construcción social, desde donde se establecen los indicios de las actitudes ciudadanas. Luego, en encuentros académicos que adelantan los participantes se dan prácticas discursivas argumentadas y algunos de sus fragmentos se enmarcan como habilidades científicas y como actitudes de ciudadanía lo que permite analizar cómo las reflexiones metacientíficas sobre el espacio-tiempo relativista pueden ser una posibilidad para articular la formación científica y la formación ciudadana.

**Palabras clave:** *Espacio-tiempo, formación científica, formación ciudadana, articulación.*



### **Abstract**

This research initially points out the need to continue working on achieving a formative scope of scientific concepts in the social field. From the above, the question arises about how reflections on and in science can articulate scientific training and citizen training. Under the intention of the researchers, some objectives are established that trace the route for a theoretical framework that accounts for the disciplinary, historical and epistemological foundations of relativistic space-time, from which the signs of scientific abilities emerge. It also highlights the aspects that allow science to be considered as a social construction, from where the indications of citizen attitudes are established. Then, in academic meetings that the participants advance, argumentative discursive practices are given and some of their fragments are framed as scientific skills and as attitudes of citizenship, which allows analyzing how metascientific reflections on relativistic space-time can be a possibility to articulate the scientific training and citizen training.

*Keywords:* scientific article, review article, research, citation styles

## **Introducción**

En la actualidad la humanidad enfrenta desafíos que demandan ser atendidos en aras de alcanzar un equilibrio que garantice la continuidad y desarrollo de las especies del planeta. En ese sentido, son necesarios un buen número de quehaceres en el ámbito político, tecno-científico y educativo. De manera particular, en el ámbito educativo el propósito pudiera ser formar ciudadanos comprometidos, leales y con valores agregados que puedan participar, tomar decisiones, dialogar, negociar y defender derechos propios y de otros en el marco de la solución de algunos problemas de la sociedad actual (García, 2009).

De acuerdo con lo anterior, se sugiere que el maestro en su quehacer educativo y atendiendo a la demanda que la sociedad impone a la enseñanza de las ciencias, podría no solo ocuparse del desarrollo disciplinar de los conceptos que son objeto de su labor sino intentar dilucidar el modo en que pueden colocar estos conceptos en función de aportar en la construcción de soluciones de las problemáticas sociales. Lo anterior implica dejar de asumir la ciencia como un cúmulo de información y datos sobre leyes naturales, pues de este modo el proceso de enseñar no posibilita espacios de construcción y de reflexión. En cambio, si la ciencia es entendida como la actividad humana orientada a la comprensión del mundo y como aquella que permite darle significados a las construcciones del hombre, la actividad de la ciencia se constituye en un espacio generador de contextos de construcción y validación de conocimiento (Rodríguez y Romero, 1999).

Esta investigación, muestra una posibilidad para dilucidar cómo un concepto científico puede vincularse con asuntos de ciudadanía asumiendo la ciencia como una actividad humana. De este modo, se posibilita centrar la atención en aspectos omitidos como son las expresiones

verbales y no verbales que emergen en las prácticas discursivas que puede desarrollar cualquier colectivo académico cuando se platica sobre ámbitos más generales de la ciencia, que tienen en cuenta no sólo los componentes disciplinares sino también los históricos y epistemológicos. Esas expresiones, posiblemente hayan prevalecido siempre, el ejercicio será identificarlas y describir cómo sirven a la articulación de la formación científica y la formación ciudadana al enmarcarse en las habilidades científicas pero también en las actitudes de ciudadanía.

**La articulación entre la formación científica y la formación ciudadana: Un reto para la enseñanza de las ciencias de cara a extrapolar el alcance formativo de los conceptos científicos**

**1 Contextualización**

En los últimos años, la definición que desde la ciencia se hace de una persona con conocimientos científicos básicos, otorga relevancia a la capacidad de familiarizar aspectos científicos fundamentales con el mundo natural. No obstante, en lo que respecta a la enseñanza de las ciencias, se considera necesario seguir avanzando en ese sentido porque, según Hodson, el currículo de la escuela no cumple con las necesidades, intereses y aspiraciones de los ciudadanos jóvenes. Además, el currículo de la escuela se debe orientar hacia la acción sociopolítica (2003). Aunado a lo anterior, las condiciones contextuales para la humanidad son cada vez más complejas, competitivas y cambiantes, por lo que es importante trabajar hacia una formación en ciencias comprometida con mejorar la capacidad de razonar, debatir, producir, convivir y desarrollar el potencial creativo (Ministerio de Educación Nacional, 2004).

Particularmente, atender los retos de la formación en ciencias supone que los estudiantes de la licenciatura en matemáticas y física de la Universidad de Antioquia reconozcan la ciencia como una construcción social, para poder colocar los conceptos científicos en función de las relaciones que el sujeto establece con su entorno y de los asuntos sociopolíticos, un reconocimiento que no se facilita posiblemente por la perspectiva de ciencia que se privilegia en la enseñanza. Revisando algunas investigaciones (Aguilar, Restrepo y Mejía, 2002), se pudo

establecer que la perspectiva que tiene preeminencia en la enseñanza de las ciencias, significa el conocimiento como algo acabado e inmutable y en consecuencia, independiente de la condición humana; lo que puede concretarse en una actitud de indiferencia de las personas frente a los acontecimientos contextuales y la falta de reconocimiento del papel transformador del conocimiento en la sociedad.

Ante este asunto, se pregunta ¿cuál ha sido el papel de la enseñanza de las ciencias en la formación de ciudadanos?; en la búsqueda de respuestas se encuentran afirmaciones como la de Pérez y Solbes (2006), donde se reafirma que la perspectiva de ciencia positivista es la que se privilegia en la enseñanza. Al respecto, es oportuno resaltar que en esta perspectiva, dada la relación de independencia entre el sujeto y el mundo, no es clara una posible conexión entre la formación científica y la formación ciudadana (Solbes y Traver, 2001). Complementario a lo anterior, Romero, Aguilar y Medina señalan que:

[...] cuando se enseña desde una perspectiva donde se piensa el contenido como verdades absolutas, el estudiante o ciudadano en general se haya aparte de ese conocimiento en una relación de exterioridad con este, deviniendo probablemente un pensamiento donde prevalece que, las soluciones de los problemas sociales no son de su competencia. (2011, p.10)

En el mismo sentido, en otras investigaciones (Acevedo, García y Aragón, 2015; Hodson 2013) se señala que las actitudes del hombre devienen, en cierta medida, del modo de asumir y abordar los conceptos científicos que son objeto de enseñanza en las ciencias y de la imposibilidad de explicitar una intencionalidad pedagógica que propenda por la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana. Sobre esto, algunos investigadores (Acevedo,

et al., 2015) señalan que esto puede ser causado por la ausencia de reflexiones sobre las ciencias y en ciencias: reflexiones metacientíficas.

Examinemos más de cerca lo que se ha venido planteando en el contexto de la enseñanza de la física, haciendo la claridad de que la ausencia de reflexiones metacientíficas y las posibilidades que pueden brindar para la constitución de ciudadanos que coloquen la ciencia en función de lo social, es una afectación para los conceptos científicos en general y pudiendo ser cualquiera de ellos, se ha pretendido abordar el concepto del espacio tiempo, porque de acuerdo a las lecturas realizadas, se piensa que tiene una dicotomía interesante: la perspectiva newtoniana y la relativista, pero más allá de eso, en su fundamentación hay suficientes connotaciones que dan lugar al tratamiento de conceptos de talante epistemológico y sociológico, idóneos para propiciar relaciones dialógicas, discusiones y debates. Es pues, un concepto con una carga disciplinar alta pero también histórica y epistemológica, una confluencia conveniente respecto de la disociación expuesta entre el positivismo lógico y el constructivismo, inicialmente expuesta aquí y que es el principio de este contexto.

Concluyendo, el abordaje de los conceptos científicos y en este caso particular el de espacio-tiempo -por lo general- se centra en un modo de ver que obvia el proceso histórico, epistemológico y social de su fundamentación, lo que dificulta dar lugar a las reflexiones sobre la ciencia que harían evidente las habilidades y actitudes, que bajo un análisis sistemático, en el marco una perspectiva como la socio-cultural de la ciencia, permita evidenciar habilidades, actitudes y expresiones que son propias tanto del quehacer científico como del civismo y de las construcciones de ciudadanía, lo que constituiría una manera de articular la formación científica y la formación ciudadana.

Las consideraciones anteriores motivan a indagar por ¿Cómo las reflexiones meta-científicas sobre el espacio-tiempo relativista posibilitan una articulación entre la formación científica y la formación ciudadana en estudiantes de la licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia?

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Analizar la manera como las reflexiones metacientíficas sobre el espacio-tiempo relativista posibilitan la articulación entre la formación científica y la formación ciudadana en estudiantes de la licenciatura en matemáticas y física de la Universidad de Antioquia.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar aspectos en las reflexiones metacientíficas centradas en el concepto espacio-tiempo relativista correspondientes con indicios enmarcados teóricamente como habilidades científicas y como actitudes ciudadanas.
- Describir la relación entre la formación científica y la formación ciudadana a partir de los discursos de seis informantes alrededor de los fundamentos del espacio-tiempo relativista.



### **3 Marco teórico**

Son cuatro aspectos que sustentan teóricamente la posibilidad de articular la formación científica y la formación ciudadana, asumiendo que ayudarán a establecer una ruta de correspondencia entre las expresiones verbales de los informantes en los encuentros académicos con las habilidades científicas y las actitudes ciudadanas, emergentes de esta sección teórica como indicios que serán discretizados de manera particular de acuerdo a la intencionalidad de esta investigación. Los aspectos son La formación científica y la formación ciudadana: Una aproximación desde la ciencia como construcción social, Las reflexiones meta-científicas como posibilidad para articular la formación científica y la formación ciudadana, La perspectiva sociocultural de la ciencia y Las reflexiones sobre el concepto espacio-tiempo relativista.

#### **3.1 La formación científica y formación ciudadana: Una aproximación desde la ciencia como construcción social**

En esta investigación se asume que la producción y comunicación de los hechos científicos no son procesos separables y que la construcción del conocimiento supone la comunicación y el uso social del mismo (Shapin, 1991). Debe decirse entonces que a esta perspectiva subyace la construcción social del conocimiento. En este sentido, no es pensable la actividad científica independiente de los contextos sociales; luego, la enseñanza de las ciencias puede ser asumida como un proceso de apropiación cultural donde surgen relaciones dialógicas en las que se problematiza el saber disciplinar a partir de la reflexión sobre eventos, así como el

cuestionamiento de lo que se considera como verdadero e inmutable. Esto permite pensar en la posibilidad de una estrecha relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana.

Puede decirse entonces que, si la enseñanza de las ciencias convierte en su objeto de reflexión y de enseñanza los contenidos disciplinares y los hábitos científicos asociados a las habilidades ciudadanas, se puede establecer un vínculo entre la formación científica y la formación ciudadana. De esta manera los contenidos disciplinares pueden constituirse en el medio por el cual se construye una idea de mundo y no el fin del proceso académico, en consecuencia, es posible explicitar un alcance formativo de los conceptos científicos que va más allá de lo disciplinar porque puede colocarse en función de lo social. De acuerdo con Henao y Palacio (2013), la manera social de hacer ciencia, provee de herramientas que permiten apropiarse de manera crítica de los conceptos emergentes, lo que constituye además, la apropiación de un pensamiento flexible, de creatividad y de aceptación de que no hay verdades únicas o absolutas. Es aquí donde se pone de manifiesto la responsabilidad social, política y ética del ciudadano, responsabilidad que hoy es necesaria para los desafíos que se deben enfrentar en procura de mejorar las interacciones sociales y la calidad de vida en el planeta.

Complementario a lo anterior, es importante reconocer la necesidad de una enseñanza de las ciencias que tramite los contenidos disciplinares en correspondencia con asuntos sociales, contextuales y políticos, que posibilite la generación de espacios donde se favorezca el desarrollo del pensamiento crítico y una mayor capacidad para razonar (Matthews, 1994); al igual que Henao y Palacio (2003) entendemos esto como una actitud para evaluar perspectivas ajenas en pro de los asuntos socioculturales y a la vez recibir de manera crítica opiniones externas en medio del debate.

Este último elemento se considera relevante para esta investigación, dado que, según Shapin (1991), justamente la relación dialógica supone la interacción entre pares alrededor de una problemática o situación de interés común; es en la discusión de una situación que emergen los argumentos y las concepciones sobre el asunto que se reflexiona. La capacidad de explicación es el elemento discursivo que posibilita el convencimiento propio y del otro, en consecuencia, posibilita el establecimiento del consenso. Es importante que la explicación de ideas sea detallada y recurra a diversos instrumentos de inscripción como búsqueda de la validación general de los miembros del grupo y así acercarse a la construcción explicaciones colectivas y, en algunos casos, a la construcción de teorías (Henao y Palacio, 2013).

En el ámbito formativo para la civilidad, al propiciar elementos para la reflexión científica, se gesta un proceso en el cual se involucra la interpretación, el registro de los aportes de los demás, la generación de preguntas y la reflexión crítica de las mismas en medio de un ambiente de discusión que propende por persuadir y ser persuadidos con argumentos bien estructurados, proveyendo de fuerza y valor a las justificaciones mediante el diálogo.

Finalmente, la articulación entre la formación científica y la formación ciudadana posibilita una mirada de mundo que conlleva a que el sujeto considere -como se ha dicho- que sus actos tienen consecuencias que pueden traducirse en el bien común, bien particular, incluso tener implicaciones en la interrelación con el otro (Sanz, 2005). Donde se potencie el pensamiento crítico que permita, como lo menciona Hodson (2003), la formación de ciudadanos preparados para confrontar de manera crítica, desde el dominio de la actividad científica, lo que está establecido a favor del bien común.

### **3.2 Reflexiones metacientíficas como posibilidad para articular la formación científica y la formación ciudadana**

Para iniciar resaltamos que, para los propósitos de esta investigación fue necesario asumir la actividad científica asociada a contextos sociales, económicos, políticos o incluso religiosos y, desde luego, a intencionalidades, característica que hacen que esta actividad sea cambiante y que, procesos -como su enseñanza- igualmente también estén asociados a condiciones socioculturales. Si por el contrario se considera a la ciencia inmutable, también deben advertirse implicaciones en la formación, en particular, implicaciones asociadas al objeto de estudio. Bajo estas circunstancias la enseñanza podría centrarse en la transmisión de contenidos y en la memorización de los mismos. Al respecto, coincidimos con Aguilar et al. (2002) cuando afirma que:

[...] al considerar las leyes de la naturaleza como fijas, la ciencia adquiere un carácter estático y las actividades en la enseñanza igualmente se limitan a la confirmación de leyes presentes en la naturaleza, de modo que en esta perspectiva no es posible asumir la ciencia como una actividad en donde el hombre puede realizar construcciones que tengan validez en un contexto determinado. (p. 4)

Como alternativa a la estaticidad de la ciencia, esta se asume como una actividad humana y, en consecuencia, su enseñanza, igualmente es una actividad que está asociada a las necesidades que surgen en contextos socioculturales particulares. Esto posibilita una articulación de aspectos científicos con asuntos sociopolíticos (Hodson, 2013). Bajo estas circunstancias, el sujeto puede participar activamente en la transformación de su realidad y adelantar procesos que lo vinculan con asuntos sociales, económicos y/o políticos.

Complementario a lo anterior, conviene decir que, asumir la ciencia como una actividad humana permite reflexionar sobre: los modos de construir conocimiento, de validarlo y de evidenciar los aspectos ideológicos, sociológicos y epistemológicos que intervienen en su constitución. Igualmente, es preciso agregar que, reflexionar sobre estos asuntos posibilita niveles de comprensión que intervienen favorablemente en la consciencia humana y en su accionar (Aguilar et al., 2002).

En este contexto de significación, podemos decir que, la reflexión sobre y en ciencia se constituye en una oportunidad para establecer vínculos entre la formación en ciencias y la formación ciudadana, al reflexionar acerca de aspectos que ayudan a ilustrar el comportamiento humano asociados a modos de pensar posibilita: establecer la correspondencia con la actividad científica, examinar las dinámicas cambiantes de la ciencia sujetas a errores, retrocesos, aciertos, intereses y contextos, entender la ciencia como actividad humana y, desde luego, establecer vínculos entre las dinámicas científicas y las dinámicas sociales (Cortés y Martínez, 1999). Desde esta perspectiva es posible justificar que, reflexiones sobre la historia, la sociología y la epistemología de las ciencias (reflexiones metacientíficas) pueden constituirse en un eje articulador entre la formación en ciencias y la formación ciudadana.

### **3.3 Perspectiva sociocultural de la ciencia: Un marco interpretativo para las reflexiones sobre el espacio-tiempo como posibilidad de articulación entre la formación científica y la formación ciudadana**

En el análisis de algunas investigaciones (Hodson, 2003; Aguilar et al., 2002) se logró establecer la necesidad de significar la ciencia como una actividad humana que tiene lugar en un

contexto sociocultural y temporal, actividad que está influenciada por la intencionalidad e intereses de quien la realiza, donde se hace evidente la enculturación de la ciencia en las distintas formas en que se cuestiona el saber y los cánones de científicidad, por lo que se asume, en concordancia con Henao y Palacio (2013) a la ciencia como una práctica social mediada por las relaciones dialógicas y, en consecuencia, el conocimiento como emergente de la práctica discursiva. De esta manera, resulta apropiado decir que el conocimiento se constituye en un bien público cultural.

Para concebir espacios de reflexión sobre la ciencia que posibiliten el dinamismo propio de las actividades culturalmente humanas, es importante percatarse de la existencia de las cosmovisiones realista y fenomenológica, en las que cada persona realiza una aproximación a la comprensión del mundo mediante modelos explicativos y predictivos que son determinantes para la estructuración de propuestas de enseñanza dado que, a estos modos de ver subyacen maneras de asumir y significar la ciencia, modos de significar que tienen criterios propios para validar sus explicaciones. Por ejemplo, en el caso de la perspectiva realista:

El mundo natural se considera que existe independiente del hombre, de modo que la realidad es entendida como aquello que está fuera del sujeto, es absoluta e independiente de todas las construcciones teóricas del hombre. En este sentido, cuando se hace referencia al mundo físico, se consideran fijas las leyes de la naturaleza y se asume que éstas no pueden cambiar en el tiempo. En esta perspectiva se considera que el hombre puede hacer una descripción objetiva de la naturaleza, donde éste no es constructor de la realidad sino un observador pasivo, y en definitiva lo que busca es conocer la esencia del objeto. Aquí lo que el hombre percibe es exactamente lo que ocurre, en donde no se presenta una intermediación entre sujeto – objeto (Aguilar et al., 2002, p. 2).

Por su parte,

La perspectiva fenomenológica permite una mirada más general de los distintos contextos, donde el absolutismo mengua y se permiten otros pensamientos más abiertos y donde no interesa el objeto como tal sino las relaciones que el sujeto logra establecer a partir de las imágenes, siendo que la correspondencia entre ellas es lo que convalida el conocimiento (Aguilar et al., 2002, p. 5).

Es justamente en esta última cosmovisión que se enmarca esta investigación, al considerar que en esta se pueden construir tentativas explicativas que tienen validez en contextos particulares, en especial los relacionados con la congruencia que puede tener la expresión de alguien en particular con las habilidades científicas al tiempo que con las actitudes ciudadanas, pues se considera que la manera cómo se evalúan los enunciados y se modifican las aserciones, a partir del diálogo para relacionar los datos con las conclusiones, es un proceso sociocultural que está permeado por las formas de debatir, criticar y justificar (Romero, Restrepo y Guzmán, 2013).

En este sentido, se asume a la ciencia como una actividad sociocultural en respuesta a las exigencias y problemáticas que desea abordar una comunidad, la cual dota de significado las interpretaciones y argumentos que se materializan mediante el consenso sobre los hechos científicos, por tanto, en concordancia con Elkana (1983) se puede decir que, las teorías que surjan están cargadas de la manera como el ser humano interactúa con los otros y con lo otro: considerar a la ciencia como una actividad humana que está ligada a contextos socio temporales, no sólo permite significarla como una tentativa que no busca verdades absolutas, sino que, por el contrario, permite concebirla como una posibilidad para formalizar, dotar de sentido y significado las construcciones y relaciones que se establecen. En suma, es en este marco

interpretativo que se plantea la posibilidad de articular la formación científica y la formación ciudadana a partir de las reflexiones sobre el espacio-tiempo relativista.

### **3.4 Revisión crítica del fundamento epistemológico del espacio-tiempo relativista: Construyendo habilidades científicas articuladoras de la formación científica y la formación ciudadana**

El concepto de espacio-tiempo tiene un amplio desarrollo histórico y una estructura teórica que resulta interesante para maestros en formación de la licenciatura en matemáticas y física, esto le hace un concepto que puede facilitar -a partir de sus contenidos epistemológicos- las prácticas colectivas que podrían derivar en las reflexiones meta-científicas que suscitan la articulación entre la formación científica y la formación ciudadana, en un proceso desarrollado desde la perspectiva sociocultural de la ciencia dado que:

Es posible un estudio desde las ciencias, desde la psicología, desde la historia en particular y del desarrollo de la cultura en general o desde el punto de vista de la filosofía, y aunque cada uno de ellos guarda con el resto una dependencia dialéctica, en un mutuo influjo que posibilita el avance de la reflexión, es claro que cada una de estas perspectivas es diversa. Incluso dentro del quehacer filosófico es posible, también, una diferenciación, cuando intentamos una aproximación cosmológica, gnoseológica o metafísica, y privilegiamos alguna de estas formas de acercamiento e interpretación de esta particular forma de instalación y expresión del hombre (Schmidt, 1995. p 32).

Si el acercamiento ocurre científicamente, se precisa definir el quehacer de la física, Max Plank dice que el físico debe medir lo que se puede medir y tratar de comprender lo mejor posible



aquello que no puede medir o asimilar (Cassirer, 1965). Por otra parte, desde una visión filosófica, Kant plantea -dada su formación, formas y proyecciones del conocimiento- que el espacio y el tiempo son categorías donde los sucesos de nuestra experiencia consciente se organizan sucesivamente y de manera contigua (Philip, 1966).

De acuerdo con lo anterior, diferentes pensadores a lo largo de la historia y desde diferentes corrientes de pensamientos -en algunos casos logicistas y en otros más filosóficos-, observaron la existencia de lo natural, buscando pensar y comprender el plano en el que se desarrolla, objetando en ocasiones consideraciones subjetivas a partir de que es el humano que existe en el aquí y ahora quien intenta dilucidar la realidad desde esta fusión personal, que es muy distinta de las abstracciones normales en el psicologismo, cuando clarifica separadamente la percepción del espacio y la percepción del tiempo. (Allport, 1980).

Fueron esas distintas subjetividades, las que Einstein acoge cuando avanza hacia sus publicaciones. Esto es, el espacio-tiempo, tiene una construcción disciplinar densa, por un lado desde la perspectiva de Einstein (2015) se puede interpretar la relación de interdependencia del espacio-tiempo con situaciones que son analizadas a partir de la experimentación mental, teniendo presente que la velocidad de la luz al ser constante para todo observador (como lo mostraron los diversos experimentos de Michelson y Morley), es con aquello que se mide y se da cuenta de diversos fenómenos que desde la perspectiva newtoniana no era posible (Acevedo, 2006). Luego, se da lugar a la proposición de experimentos mentales como el de la caja traslúcida y dos observadores, uno dentro de ella y otro por fuera, que al realizar ejercicios con la generación de luz en un punto equidistante de las paredes al interior de la caja (el evento), esto es, con la caja y los observadores en reposo, las percepciones serían iguales porque el punto de referencia es el mismo; no obstante, si la caja se ubica sobre el vagón de un tren y empieza a desplazarse,

las percepciones serían diferentes pues los puntos de referencias de los observadores ahora son distintos, ya que uno seguirá dentro de la caja -desplazándose con ella- y el otro no. Luego un mismo evento será percibido de manera distinta por sus observadores (Einstein, 2015).

Por el otro lado, se halla la perspectiva Newtoniana, planteando que un mismo evento debe ser percibido igual por todos los observadores sin importar su punto de referencia (Einstein, 2015). Es una dicotomía muy interesante desde el punto de vista disciplinar y ambos postulados ofrecen una amplia fundamentación histórica y epistemológica, esto último es lo que ha hecho que prevalezca el espacio-tiempo sobre otros conceptos científicos, particularmente el espacio-tiempo relativista y su connotación histórica y epistemológica más que la disciplinar, aún cuando cualquier otro concepto científico pudo ser considerado.

Luego, es la connotación histórica y epistemológica del espacio-tiempo relativista, el contenido teórico que orienta las intencionalidades de esta realización. En inicio, algunos análisis sugieren que la perspectiva relativista del mundo físico tuvo su origen en la segunda mitad del siglo XIX, recientemente han habido estudios que reconsideran los cuestionamientos principales y las contribuciones de la ciencia de la mecánica durante el siglo XVIII, verificando -como se ha dicho- que grandes pensadores para la época, ya tenían preocupaciones epistemológicas relativas respecto de la experiencia sensible y de la certeza sobre el conocimiento científico, insumo del pensamiento relativista (Romero, 2010)

Es por eso que, pensar el espacio-tiempo relativista como una construcción contemporánea y aparte de las concepciones pasadas de la experiencia sensible y sus incertidumbres, sería desconocer los resultados de los análisis realizados que sugieren que es una educación conceptual remontada a varios siglos atrás. El principio es pues, hacer reconocimiento de algunos de esos pensadores que hicieron su aporte histórico y que, en ocasiones, Albert

Einstein estudió para esclarecer el desarrollo de sus propios fundamentos mediante formas enmarcables en la sociología del conocimiento científico; inicialmente, remontándose a la imagen alternativa de la mecánica donde

Según tal imagen, los fundamentos y principales conceptos de lo que hoy llamamos mecánica racional fueron constituidos con las obras de Galileo, Huygens y, principalmente Newton en el siglo XVII. Los desarrollos del siglo XVIII, por su parte, fueron dirigidos hacia la extensión del campo de aplicación de dichos conceptos y su organización en principios generales, siendo Lagrange quien dio a esta ciencia el grado de formalización con la que hoy la conocemos. Complementariamente, los cuestionamientos y las versiones alternativas de tales perspectivas surgieron sólo a fines del siglo XIX, siendo E. Mach con su obra *Die Mechanik in Ihrer Entwicklung historisch-Kritisch dargestellt* (1883) uno de sus precursores. La influencia de las concepciones machianas sobre el trabajo de Einstein en su Teoría Especial y General de la Relatividad a comienzos del siglo XX ha sido, por lo demás, ampliamente discutida (Romero, 2010).

Entonces, se habla de la existencia de una serie de eventos y hechos comunicativos con pensadores vivos o no, que ayudaron a Albert Einstein a generar y consolidar pensamientos que le permitieron adelantar los procesos que derivaron en una de sus publicaciones más relevantes: La teoría de la relatividad. Luego, se puede hablar de influencias en dicho proceso, y de cómo el creador de esta teoría, buscaba en sus pares académicos, puntos de vista con la pretensión de convencer o ser convencido conforme a los postulados, hallando la importancia en las realizaciones de otros, esto es, legitimando el concepto científico del espacio-tiempo relativista como una construcción social.

Inicialmente el joven Einstein, como estudiante de la universidad Zúrich, tenía buenos maestros como Hurwitz y Minkowski, dicho por él mismo en sus “notas autobiográficas”. Pasó allí gran parte del tiempo en el laboratorio a la vez que estudiaba en casa los trabajos de Kirchhoff, Helmholtz y Hertz. Como estudiante que hablaba alemán, conocía la teoría de Maxwell a partir de los libros y realizaciones de Helmholtz, el propio Hertz, Boltzmann y August Föppl; una teoría y artículos que le darían unas posibilidades diversas para comprender, pues en ocasiones eran contrariadas las posturas de Maxwell con estos pensadores. Luego, Lorentz y Poincaré serían aportantes para Einstein, a pesar de que solo conoció algunos de sus trabajos, unos más significativos que otros, como el libro titulado: *La Science et l'Hypothèse*, titulado en 1902, cuyo capítulo siete sería muy significativo pues estaba dedicado al movimiento relativo y al movimiento absoluto, algo con lo que Einstein encontró afinidad con Poincaré respecto de su defensa de lo relativo.

Complementariamente, el 18 o el 25 de mayo de 1905 -no se sabe exactamente- Albert Einstein escribió a Conrad Habicht una carta en la que se notaba gran interés por el remitente de que: a cambio de una disertación, él se comprometía a enviar cuatro artículos muy interesantes

El primero trataba de la extensión a la radiación electromagnética, de la discontinuidad cuántica que Planck había introducido en la física hacía cinco años. El segundo titulado “Una nueva determinación de las dimensiones moleculares”, que era la disertación que presentó para obtener el grado de doctor en la Universidad de Zúrich. El tercero que contenía un análisis teórico del movimiento browniano que permitió a su autor demostrar la existencia de átomos de tamaño finito y finalmente, un cuarto artículo denominado: “Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento” que sucedió en la teoría de la relatividad especial como el sistema teórico-conceptual que eliminaba las discrepancias entre la mecánica newtoniana y la electrodinámica

maxwelliana, que estaban causando una crisis en una parte importante de la física teórica (Ron, 2015).

Entonces, la teoría de la relatividad surge del intento de mediar entre dos corrientes disciplinares amplias, lo que conllevó conocerlas y abordarlas en la nueva creación. Llama la atención, que se hace desde la pretensión de construir a partir del intercambio de conocimientos, abordando lenguaje coloquial desde una disposición que es naturalmente colectiva, o sea social. Es apropiado hacer hincapié en el cuarto artículo, el de la teoría especial de la relatividad, pues antes de este, hubo dos publicaciones sobre la misma línea conceptual, particularmente la segunda publicación, titulada

[...] “La teoría de la capilaridad de Laplace fue uno de los más bellos logros de la ciencia”, y continuaba alabando cómo lo habían tratado Gauss, Young, Gibbs y F. Neumann. Asimismo, el primer artículo que publicó Niels Bohr trataba de la tensión superficial del agua, un asunto estrechamente relacionado con la capilaridad. El enfoque de Einstein en su artículo fue tratar de establecer unas fuerzas moleculares a distancia (esto es, puramente newtonianas) que resolvieran el problema. Sin duda con demasiado optimismo, concluía su trabajo escribiendo: “Podemos decir ahora que nuestra suposición fundamental ha sido validada: a cada átomo le corresponde una fuerza molecular de atracción que es independiente de la temperatura y de la forma en que un átomo se combina químicamente con otros átomos” (Ron op. Cit. p. 234).

Las conclusiones de Albert Einstein, parece que se dan desde los intercambios comunicacionales de las colectividades académicas que él promovía, pues consideraba habitualmente las concepciones de otros pensadores como él y construía desde la relación dialógica con estos, otorgando una condición naturalmente social y no sólo disciplinar.

Pero más allá de los aportes obtenidos hasta entonces, fue el capítulo dos en la sección seis de un libro escrito por Ernst Mach titulado “Opiniones de Newton sobre el tiempo, espacio y movimiento”, lo que tendría un nivel de relevancia alta, al remarcar la posición de Mach respecto del trabajo de Newton, este dijo:

Examinemos ahora el punto en el que Newton, aparentemente con buenas razones, basa su distinción entre movimiento absoluto y relativo. Si la Tierra posee una rotación absoluta alrededor de su eje, aparecerán en ella fuerzas centrífugas, adoptará una forma oblonga, la aceleración de la gravedad disminuirá en el ecuador, el plano del péndulo de Foucault girará, etcétera [...] (Ron op. Cit. p. 240).

La anterior es una dicotomía entre Newton y Mach sobre el espacio absoluto -idea contrariada por Mach-, y que serviría de insumo para la teoría general de la relatividad aunque se diera una condición disímil también con el propio Einstein, pues Mach creía que la metafísica no debería ser considerada cuando se trataba de construir conocimiento científico, pues sólo optaba por ese título aquello que era verificable desde *la experiencia sensible*, por lo que conceptos como “espacio tiempo absoluto” eran una abstracción. Un condicionamiento que tuvo presente Einstein y fue evidente en “la definición einsteniana de simultaneidad no es sino una manifestación específica del requisito de Mach de que toda afirmación que se haga en física, se refiera a relaciones entre cantidades observables” (Ron op. Cit. p. 245).

Entonces, si bien Einstein tenía una visión mecanicista, dado que dos de sus más importantes artículos los basó sobre la física estadística, mientras que Mach sostenía tesis anti metafísicas y anti mecanicistas, no fue impedimento para construir toda una teoría haciendo intentos por concertar, esto es evidente en la carta que Einstein remite a Mach donde inicialmente reconoce su trabajo y acto seguido lo insta a leer sus artículos, particularmente el que trataba del

movimiento browniano -un concepto que entraba en conflicto precisamente con las antítesis de Mach- quizás en un intento persuasivo que según parece no surgió efecto.

Seguidamente, David Hume sería uno de los autores más influyentes para Einstein, esto quedó constatado en una carta que escribió a Michelle Besso en 1948, donde reconoce la influencia de Mach y el efecto que en él produjo y que fueron clave precisamente para la emergencia de los postulados de Einstein que contrariaban los de Mach, pues Mach legitimaba solo las teorías que se daban desde el descubrimiento a través de los sentidos pero no de la invención que pudiera darse desde el pensamiento de lo abstracto. Finalmente, señala que la influencia de Hume pudo ser mayor porque en su obra más importante rechazaba la noción de “sustancia”, que reemplaza por “conjuntos” y también rechazaba el concepto de “causalidad” donde un objeto o suceso ocurría en conjunción con otro objeto o suceso, pero no necesariamente debían estar relacionados lógicamente. Respecto de sus ideas sobre el espacio y el tiempo, Hume explicaba que obtenemos la idea de “espacio”/”extensión”, de la “disposición de los objetos visibles y tangibles” (Hume, 1984, como se citó en Ron, 2015) y que no tenemos idea de ninguna extensión real sin llenarla con objetos sensibles. Del tiempo afirmaba que

Allí donde no tengamos percepciones sucesivas, no tendremos noción del tiempo, aunque haya una sucesión real en los objetos. A partir de estos fenómenos, así como de otros muchos, podemos concluir que el tiempo no puede aparecer ante la mente, ni aislado, ni acompañado por un objeto constantemente inmutable, sino que se presenta siempre mediante una sucesión perceptible de objetos mudables (Hume, 1984, como se citó en Ron, 2015, p. 252)

Lo relevante es, de acuerdo con todo lo hasta aquí abordado, que los eventos comunicativos que edifican el espacio-tiempo como construcción social, dando lugar en su erigir

a otros conceptos de talante sociológico y epistemológico como *el hecho científico* y *la experiencia sensible*, son los que otorgan relevancia a este concepto científico de cara a los ejercicios dialógicos pretendidos por este proyecto, pues de acuerdo a la perspectiva sociocultural de la ciencia, es en dichos espacios donde ocurren las reflexiones complementarias a los contenidos disciplinares y que a partir de un análisis sistémico, es allí donde pueden evidenciarse conductas y/o expresiones verbales o no verbales que pueden entenderse como principios articuladores de la formación científica y la formación ciudadana, en tanto que muestran correspondencia con lo que es propio del quehacer científico pero también del civismo, entendiendo que el hacer ciencia se da en un contexto humano y en consecuencia social, asimilando que la ciencia es una construcción social. Es justamente esta perspectiva teórica la que se tendrá en cuenta en esta investigación, como fuente de indicadores de habilidades científicas que se puedan contrastar con actitudes de ciudadanía, de modo que, las reflexiones sobre el concepto de espacio-tiempo relativista se constituyan en el eje articulador entre la formación científica y la formación ciudadana.



## **4 Metodología**

En este apartado se presentan los aspectos teóricos que fundamentan la ruta metodológica del proceso investigativo. Al respecto se describen cinco elementos que la sustentan: enfoque y método, contexto de investigación, casos y criterios de selección, recolección de la información, sistematización y análisis.

En esta investigación se asumió el enfoque cualitativo interpretativo como el paradigma metodológico, dado que este posibilita una aproximación a la realidad que perciben y significan las personas desde las experiencias propias. Al respecto se precisa que, fueron las interpretaciones y valoración de los discursos y modos de significar de los informantes, las que marcaron la ruta metodológica.

### **4.1 Enfoque y Método**

El propósito de la investigación se centró en comprender las posibles relaciones entre la formación científica y la formación ciudadana a partir del análisis de situaciones que involucran el concepto de Espacio – Tiempo planteado por Einstein. En este proceso se tiene conciencia de la diversidad de perspectivas de realidad y que estas, a su vez, van cambiando en un proceso de construcción colectiva, gestado por los consensos que establecen los participantes a partir de la exposición argumentada de sus opiniones en un ambiente democrático.

Conviene resaltar que, todo el proceso estuvo mediado por la interpretación de los investigadores y la intencionalidad de los mismos fue la que definió el hilo a seguir en el proceso de asignación de significados dado el interés de acercarse al cómo comprenden los participantes

la relación entre formación científica y formación ciudadana. Como consecuencia de lo anterior, también, fue característica de esta investigación, no emitir juicios de valor o influir en las respuestas de los participantes.

Se hizo énfasis en el tratamiento del objeto de estudio de manera global e integral, es decir, como un todo y no como la simple suma de sus partes. Igualmente, en esta investigación no se pretendió validar o refutar hipótesis, modelos o teorías, por el contrario, estuvo fundamentada en procesos inductivos en los que se intentó explorar y construir perspectivas desde las que se pretende realizar aportes a la formación científica y formación ciudadana.

Para lograr este propósito se contó con diversas técnicas prediseñadas para la recolección de la información, las cuales durante el proceso investigativo se sometieron a revisión permanente a fin de favorecer su efectividad y aportación para alcanzar los propósitos de este trabajo.

Consecuente con lo anterior, los investigadores desarrollaron este trabajo en el marco de los lineamientos teóricos de la investigación cualitativa interpretativa, en los términos señalados por Hernández, Fernández y Baptista (2014) al considerar que, en el enfoque cualitativo el proceso de indagación es dinámico porque este se mueve entre los hechos y la interpretación de los datos arrojados por los participantes, en clave de la formación en ciencias vinculada a la formación para la ciudadanía. Igualmente, el proceso investigativo se orientó con la misma perspectiva que plantea Creswell (2003), al considerar que la investigación cualitativa se lleva a cabo “en un entorno natural donde el investigador es un instrumento de recolección de datos, el cual recoge palabras o imágenes, las analiza inductivamente” (p.13).

Por otra parte, es oportuno decir que, el interés investigativo se centró en el análisis de las diferentes percepciones que surgieron del abordaje del concepto Espacio-Tiempo relativista

y en las relaciones que establecieron los informantes, lo cual de acuerdo con Stake (2005), permitió que el proceso se realizara bajo los lineamientos de un estudio de caso instrumental.

## **4.2 Contexto de Investigación**

Teniendo en cuenta que los modos de ver la ciencia que posibilitan concebir la idea de que un concepto científico pueda colocarse en función de lo social, en ocasiones alcanzan a ser más claros hasta las instancias de posgrado, dado que la perspectiva de enseñanza que se privilegia favorece una concepción mayormente disciplinar de la enseñanza y aplicabilidad de los contenidos matemáticos y físicos de la licenciatura. Se encuentra producente que los maestros en formación, puedan trasegar contundentemente de manera temprana por los modos de significar la ciencia, que van a posibilitar responder a la demanda que la sociedad le hace a la ciencia y su enseñanza en tanto la resolución de sus problemáticas.

Por lo anterior, esta investigación se llevó a cabo en la Universidad de Antioquia, Institución de Educación Superior, de carácter público, de orden estatal – departamental, con sede principal en la ciudad de Medellín y otras sedes y seccionales en el departamento de Antioquia de la República de Colombia. Esta institución cuenta con metodologías presenciales, semipresenciales, abierta o a distancia y procura, desde sus diversos espacios, desarrollar y difundir el conocimiento de campos como: las humanidades, las ciencias, las artes, la filosofía, la técnica y la tecnología, por medio de actividades de investigación y de extensión, las cuales se concretan en la concepción de la integralidad del hombre a partir de los programas de educación superior de pregrado y de posgrado.

En el marco anterior se inscribe la Facultad de Educación, la cual ofrece diferentes licenciaturas, entre ellas la Licenciatura en Matemáticas y Física, cuyo objetivo es la formación integral de futuros maestros con una sólida fundamentación disciplinar y meta-disciplinar, sensibles y conocedores de los problemas de los contextos a los cuales se dirige su quehacer como docentes, respondiendo a las necesidades de la sociedad contemporánea.

### **4.3 Informantes y criterios de selección**

Para cumplir con los propósitos de la investigación, se seleccionaron seis estudiantes (informantes) de la licenciatura en Matemáticas y Física que fungieron como informantes, a los que se les comunicó sobre el tiempo destinado para los encuentros que se realizaron y que la información suministrada por ellos es para fines académicos y cuenta con devolución para los mismos. Para esto se diseñó e hizo firmar un consentimiento en el que se garantiza el trato ético de la información y la protección del anonimato de los informantes.

Dada la intencionalidad de la investigación se consideraron los siguientes criterios para la selección de informantes:

#### ***4.3.1 Disponibilidad***

Para la selección de los participantes se tuvo en cuenta la disponibilidad de los informantes, debido a que para la aplicación de los instrumentos se requirió de al menos una hora en cada sesión, dado que era determinante que los informantes pudieran participar de los cinco

encuentros planificados y porque estos se realizaron en tiempos diferentes a los destinados para las clases de los cursos.

#### ***4.3.2 Conectividad***

Como los encuentros no se podían realizar de manera presencial por el COVID-19, se consideró importante contar con el recurso de la conectividad para participar de manera remota de los encuentros que se programaron.

#### ***4.3.3 Interés***

A juicio de los investigadores era de vital importancia que los casos presentaran algún grado de interés por la formación en ciencias y la formación ciudadana, ya que esto permitió que reportaran con tranquilidad sus niveles de comprensión sobre el objeto de la investigación.

#### ***4.3.4 Iniciación teórica en física***

Se consideraron participantes que contaran con iniciación teórica en física, por considerar que la propiedad en estos aspectos teóricos facilitó las reflexiones sobre los fundamentos del concepto de Espacio – Tiempo y, en consecuencia, hicieron emerger elementos que dieron cuenta de la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana.

### **4.4 Recolección de la información**

Para la recolección de la información se llevaron a cabo cinco encuentros académicos, cada uno con una duración de una hora aproximadamente por la plataforma Meet ([www.meet.google.com](http://www.meet.google.com)), que facilitaría además las grabaciones de audio y video.

Se implementaron dos técnicas: la entrevista semiestructurada y el grupo de discusión. Los instrumentos que se emplearon fueron la bitácora, el protocolo de entrevista y los documentos escritos por los participantes, dichos documentos escritos dieron cuenta de los preceptos sobre el espacio-tiempo relativista con los que contaban los informantes, uno de los propósitos del primer encuentro.

En la entrevista semiestructurada se formularon preguntas generales que permitieron la inclusión de nuevos interrogantes de acuerdo con la evolución de los discursos asociados a la intencionalidad e interés investigativo (Hernández et al, 2014); esto permitió conocer la opinión y las actitudes de los participantes.

En los grupos de discusión se realizó el análisis de fragmentos históricos-epistemológicos así como de situaciones hipotéticas sobre el espacio-tiempo. Después los informantes expusieron sus ideas sobre las situaciones planteadas, sobre situaciones reales, actuales y episodios históricos; también se dieron debates a partir de todo lo anterior donde mostraron sus posturas, argumentos y en algunos casos modificaciones en sus modos de pensar, por lo que se observó y registró el modo de tramitar las diferencias y de reconocer el argumento del otro, aspectos claves en la relación dialógica entre ciudadanos.

En el mismo sentido, se centró la atención en los hilos argumentativos que fueron insumo de las prácticas discursivas argumentadas. Luego, esa relación dialógica se construyó sobre fundamentos disciplinares pero también históricos y epistemológicos del espacio-tiempo

relativista -como se ha dicho- lo que facilitó debatir también sobre el hecho científico y el papel de la experimentación y la experiencia sensible en la construcción de teorías, dos temáticas que al involucrar específicamente el aporte culturalmente humano del hombre al erigir el saber, facilitaron evidenciar la convergencia entre las expresiones propias de los procesos científicos con aquellas expresiones propias de la construcción de ciudadanía, tanto en los registros históricos -objeto de análisis- como en el grupo de discusión del que hicieron parte los informantes; reafirmando así el principio en el que se basa la posibilidad de articular la formación científica y la formación ciudadana que se sugiere en esta investigación.

Explícitamente, en la primera sesión se realizó una exposición por parte de los investigadores que permitió un acercamiento con los participantes, donde se expresó el propósito que se tenía con la investigación así como el cronograma planteado, queriendo propiciar además un ambiente tranquilo y amable. Se prosiguió con un ejercicio de escritura donde debían plasmar algunos aspectos relacionados con el concepto de Espacio - Tiempo relativista habiéndose asociado a una situación hipotética.

En la segunda sesión se continuó con la situación hipotética, en un ejercicio donde debieron tomar postura en cuanto a la manera cómo perciben el mismo evento dos personajes. Para esto se realizó una adaptación del ejemplo del vagón de tren propuesto por Einstein y Infeld (2017). Con estas actividades se analizó cómo los participantes defendieron y argumentaron sus ideas, así como el uso de estrategias discursivas soportadas en hechos y fuentes creíbles que utilizaban para sustentar y defender sus ideas.

Para la tercera sesión, se analizó un escrito de Einstein de 1922 donde expone algunos elementos relevantes al establecer la Teoría especial de la relatividad (TER). El escrito fue apropiado para suscitar el abordaje de otros conceptos no necesariamente del orden disciplinar

pero que desde lo epistemológico se han propuesto como relevantes en la fundamentación de muchos contenidos científicos, particularmente en física; uno de esos conceptos es *el hecho científico*, entonces se plantearon algunas preguntas que le referían. Para responderlas, devinieron el uso de analogías y ejemplos que pretendieron ampliar y mejorar las ideas expuestas, además de los argumentos que generaron la posibilidad de convencer y ser convencidos ya que hubo quienes cambiaron sus posturas, un evento que fue seguido, registrado, datado y analizado.

En la cuarta sesión se discutió sobre los aportes realizados por Einstein a la construcción del concepto de Espacio – Tiempo, se abordó un fragmento original del autor en el que expresa la postura que tiene frente a las ideas de Mach y el *papel de la experimentación* y de la *experiencia sensible en la construcción de teorías*. Después de algunos interrogantes, los participantes tuvieron la posibilidad de acercarse a las ideas de la época que tuvieron influencia en Einstein para desocultar elementos relevantes de su teoría. A esta investigación aportó elementos de análisis alrededor del reconocimiento de la existencia de diversas posturas teóricas y dificultades en la construcción de conocimiento, así como el surgimiento de interrogantes para ampliar ideas.

Finalmente, en el quinto encuentro se analizó una publicación de Einstein de 1907, en la que el autor realiza una disquisición sobre la relación entre el experimento de Michelson y Morley y la fundamentación teórica de Lorentz y FitzGerald del experimento; además, se plantearon preguntas que giraron alrededor de los postulados científicos. Se evidenciaron en esta actividad, tanto habilidades científicas como ciudadanas. Para esto se hizo seguimiento a las actitudes que suponían la escucha atenta de los interlocutores y aportes desde la reflexión crítica respaldados en fuentes creíbles y que facilitaban la toma de decisiones. Todo esto, afín de analizar cómo los argumentos y la racionalidad posibilitan la apropiación de discursos.



#### 4.5 Sistematización y análisis

La información que emergió de las entrevistas se consignó en una bitácora de acuerdo con las categorías apriorísticas, a su vez se prestó especial atención al surgimiento de categorías emergentes. También se estructuró mediante las transcripciones de los registros fílmicos que emergieron en los encuentros, así como el material escrito aportado por los informantes. Dichas unidades de análisis se discretizaron y se organizaron en matrices de doble entrada, en las cuales los casos se ubicaron en la primera columna y las preguntas con sus respectivas unidades de análisis en las filas.

Inicialmente, se realizó una codificación por colores y códigos para hacer la correspondencia con las categorías apriorísticas, de esta manera se identificaron similitudes en las unidades de análisis y se evidenció el surgimiento de categorías emergentes. Para este propósito, se estableció un sistema de categorías a priori, el cual se presenta en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Categorías, Subcategorías e indicios*

<b>Categoría</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Indicio</b>
La ciencia como sistema cultural	El conocimiento científico como elemento que puede ser cuestionado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocimiento de la construcción del conocimiento científico como elemento dinámico.</li> <li>• Construcción de interrogantes que permiten visualizar las diferentes posiciones de los científicos de acuerdo a los contextos.</li> </ul>
	La actividad científica como actividad humana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifica las dificultades que tuvieron los hombres de ciencia en la construcción de conocimiento.</li> <li>• Identifica diversas posturas que permiten dar cuenta de diversos eventos en el mundo.</li> </ul>

Categoría	Subcategoría	Indicio
Reflexiones metacientíficas	La argumentación como condición para las prácticas discursivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Énfasis en los discursos, uso de analogías, aclaraciones y planteamiento de preguntas que permiten ampliar las ideas propias y ajenas.</li> <li>• Uso de estrategias para convencer al otro o justificar ejemplos sobre las ideas que defiende dando posibles respuestas a inquietudes que emergen de las actividades.</li> <li>• Uso de ejemplos que permiten visualizar diferentes elementos desde diferentes perspectivas.</li> <li>• Esfuerzo por mejorar o corregir los aportes propios que surgieron en las actividades realizadas.</li> </ul>
	Flexibilidad de pensamiento como condición para establecer consensos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apropiación de discursos sin la intención de imponerlos a los demás.</li> <li>• Reconocimiento de elementos de otros participantes que permiten la ampliación o mejoramiento de ideas propias.</li> <li>• Argumentación respaldada en fuentes y datos.</li> <li>• Apropiación de discursos reflexivos y críticos dentro del marco del respeto hacia el otro.</li> </ul>
Formación científica en y para la civilidad	Toma de decisiones informadas como elemento socializador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apropiación de discursos sin la intención de imponerlos a los demás.</li> <li>• Reconocimiento de elementos que permiten la ampliación o mejoramiento de ideas para la solución de problemas.</li> <li>• Argumentación respaldada en fuentes y datos.</li> <li>• Apropiación de discursos reflexivos y críticos dentro del marco del respeto hacia el otro.</li> </ul>

Pretendiendo minimizar la subjetividad de los investigadores, se realizaron diversas estrategias de triangulación y recapitulando, para la interacción con los participantes se implementó la entrevista semiestructurada y el grupo de discusión. En este proceso se utilizaron grabaciones de vídeo, documentos escritos por parte de los participantes y la bitácora. Se construyó una correspondencia entre las categorías y las unidades de análisis que emergieron de la información suministrada por los informantes, también se realizó triangulación con el marco teórico haciendo corresponder los aportes de los participantes con los presupuestos teóricos de esta investigación.

Igualmente, para garantizar la confiabilidad del proceso, se hizo una triangulación de investigadores, donde cada investigador analizó de manera independiente los elementos aportados por los casos durante los encuentros, el producto de este proceso se consignó en matrices independientes que luego se contrastaron para buscar coincidencias y fueron estas últimas las que se asumieron como modos de comprender de los participantes. En las situaciones en las que no hubo coincidencia, las interpretaciones fueron expuestas por cada uno de los investigadores, argumentando su pertinencia y relevancia para la investigación, lo cual posibilitó los acuerdos entre los investigadores.

## 5 Hallazgos

Este apartado se estructura a partir de las categorías construidas para el análisis y ruta del proceso investigativo. Se muestra cómo los docentes en formación comprenden y describen algunos elementos acerca de la propuesta teórica de Einstein, particularmente sobre el espacio tiempo, de acuerdo con el abordaje de situaciones hipotéticas. Seguidamente, se analizan sus discursos para hacer evidente la manera cómo ha influido la dimensión social y cultural de la ciencia, así como las posibilidades que ésta otorgó para la generación de relaciones dialógicas relevantes en términos de la argumentación que, como proceso discursivo es fundamental -entre otras cosas- porque los científicos crean discursos para convencer y analizan otros para ser convencidos; en la enseñanza de las ciencias, posibilita la construcción y apropiación de los conocimientos y en el marco del civismo propicia asumir puntos de vista propios, desde la reflexión sobre distintos asuntos o problemáticas, pues se considera que el modo de ver, la postura crítica y la toma de decisiones se vinculan con la calidad de la argumentación (Arango y Henao, 2013). Entonces reflexionar sobre y en ciencia se constituye como la posibilidad de articular la formación científica y la formación ciudadana; y en el marco de esta articulación, también se mostrarán aquellas expresiones que indicaron el afloramiento del razonamiento sociocrítico en los participantes.

### **5.1 Reflexiones sobre la ciencia como posibilidad para la articulación entre la formación científica y la formación ciudadana: el papel de la experimentación y la experiencia sensible en la construcción de explicaciones**

Los desafíos actuales que debe enfrentar la educación en ciencias, han llevado a que investigadores como Hodson (2003) plantean la necesidad de una formación en ciencia que vincule aspectos de la ciencia con asuntos de ciudadanía. No obstante, conviene decir que, no cualquier modo de significar la ciencia permite explicitar su alcance formativo, por esta razón, en esta investigación se ha considerado que asumir la ciencia como una actividad humana que está determinada por intenciones y contextos socioculturales resulta ser una opción adecuada. En este sentido, se ha considerado que la reflexión sobre la ciencia es una alternativa que puede favorecer esta articulación.

Para favorecer los propósitos de la investigación relacionados con el vínculo entre habilidades científicas y ciudadanas, se realizaron encuentros que favorecieron la reflexión sobre la ciencia, en particular acerca del papel del experimento y la experiencia sensible en la construcción de explicaciones. Para esto se propuso la discusión de una carta hallada en un fragmento del libro: “Albert Einstein. Su vida, su obra y su mundo” (2015). En dicha carta Einstein le comunica a su amigo Michelle Besso sobre la influencia que tuvo Mach en su perspectiva y cómo la experiencia sensible incide en la construcción de explicaciones. A partir de la discusión de esta carta fue posible hacer emerger asuntos como: el papel de la experimentación, la experiencia sensible y la relación experimento-teoría en la construcción de explicaciones.

Después de leer la carta, se preguntó a los participantes por sus impresiones y el informante 2 (En adelante I2) expresa lo siguiente: “el punto central que percibo es, como mirar realmente la experimentación [...] ¿Qué papel cumple en la ciencia?”, sobre esto el Informante 3 (En adelante I3) indica no perder de vista el énfasis que hace Einstein sobre la influencia del ser humano en la ciencia desde la experiencia sensible. Al respecto, este informante expresa: “yo

estoy un poco de acuerdo con el compañero I2, sin embargo, yo creo que va más allá de sólo la experimentación, porque, por ejemplo, también se menciona lo de las sensaciones” (I3). La sugerencia del último comentario es que, en la lectura, la experiencia sensible tiene igual relevancia que la experimentación. Esa idea se refuerza cuando I3 amplía su intervención diciendo: “entiendo por experiencia sensible todo lo que podemos percibir a través de nuestros sentidos y la interpretación que nosotros hacemos de esa información, entonces siendo así creo que tiene un papel importante dentro de la construcción de una teoría” (I3).

En este punto, se ha notado cómo I3 sugiere que el comentario de I2 solo tiene una posición parcial acerca de los elementos que trae a colación la lectura porque solo menciona la experimentación; pero toma esto como la posibilidad de hacer *una construcción colectiva de intencionalidades en medio de las diferencias*, exponiendo su propia consideración, advirtiendo que desde la lectura hay una relevancia igualitaria entre la experimentación y la experiencia sensible.

Después complementa que no considera que haya una relación subsidiaria entre la teoría, la experimentación y la experiencia sensible, sino más bien paritaria, y clarifica esto diciendo que:

[...] siempre ha habido como una riña, ¿es más importante la teoría o la experimentación? o ¿tiene más validez una teoría o lo que diga un experimento, o lo que yo puedo observar? ... desde la construcción que yo hice, considero que son igual de válidas, de hecho me parece que siempre una teoría debe estar acompañada de la experiencia sensible o de la experimentación ... yo no me puedo sentar aquí sola en mi cuarto aislada de todo y plantear una teoría, sino que la tengo que plantear teniendo en cuenta mis observaciones

o la información que llega, ya sea a través de los oídos, el tacto, el gusto, la vista, en fin, todo eso es lo que nos da la información necesaria para construir teoría. (I3)

Ante la última expresión parece que el informante 1 (En adelante I1) está de acuerdo con I3, pero hasta cierto punto, cuando dice:

a veces me pone a pensar aquellos acontecimientos en los que no se tenía ningún instrumento para hacer algo que uno no creía que pudiera suceder y se hacía uso de experimentos mentales, entonces digamos que la experiencia sensible es importante hasta cierto punto, o sea, donde llegaban digamos los instrumentos o lo que yo puedo construir para verificarlo. (I1)

Veamos, I1 puede coincidir con la idea de una relación paritaria entre la teoría, la experimentación y la experiencia sensible, pero sugiere un orden donde la experimentación mental como apéndice de la experiencia sensible, le posibilita nuevamente tener lugar cuando no se puede hacer experimentación con instrumentos.

Se observa en inicio una diferencia entre el participante que considera solo el papel de la experimentación como relevante en la lectura y su compañero que advierte allí un rol igual de importante de las sensaciones. No obstante, esa diferencia ha sido trabajada desde el respeto por la opinión del otro más que desde la discrepancia y eso posibilitó la construcción colectiva de una explicación que no solo reconoce la relevancia igualitaria de la experimentación y de la experiencia sensible, sino que alienta un modo de significar estos elementos científicos como maleables e integrales junto con la teoría. Un tratamiento parecido a la manera en que se edifican percepciones en la sociedad, donde las posturas se van modificando de manera complementaria en medio de las relaciones dialógicas y retomando los planteamientos de otros, aunque no sean similares; es pues una forma que encuentra correspondencia con el reconocimiento de las

construcciones sociales como elementos dinámicos, que es una expresión de ciudadanía. Lo anterior, derivado del tratamiento de elementos históricos y epistemológicos del espacio-tiempo relativista.

Luego I3 suma en esa concepción, pero además advierte sobre lo susceptible que son estos modos de construir una idea de mundo, de no ser objetivos totalmente. Al respecto expresa: “yo creo que esa experimentación mental también está basada en nuestra experiencia sensible...sabemos que no hay una realidad objetiva, entonces la información que está llegando a nosotros no es del todo objetiva o nosotros no lo estamos interpretando objetivamente” (I3), una expresión que advierte la contribución de la condición humana en el quehacer científico.

El planteamiento contemplado en el párrafo anterior, permite interpretar que, los participantes reconocen la imposibilidad de la certeza absoluta en los modos de construir ideas de mundo, dado que están mediadas por la condición humana, lo cual permite asociar las explicaciones científicas como producto de la actividad humana, que como tal son falibles y por eso no se pueden enmarcar en el absolutismo; esto es, una expresión del reconocimiento de la incidencia de la condición humana en las construcciones científicas: una idea que desde la perspectiva socio-cultural de la ciencia se refiere a sujetos que se reconocen como tributantes del conocimiento humano, una habilidad social.

Por otra parte, I2 señala que ha visto una correspondencia entre lo que acaba de oír de I3 y los planteamientos de teóricos como Ferreirós y Ordoñez, cuando se refieren al carácter fabricado de la ciencia. Al respecto expresa: “ellos exponen que no siempre lo más inmediato para nosotros, lo que podemos sentir, es suficiente para comprender o construir conocimientos científicos...por lo que se hace necesario interpretar lo que sentimos en términos de un carácter fabricado” (I2). Esa última expresión llama la atención porque cuando I2 legítima, hasta cierto



---

punto, los planteamientos de su compañero y los hace corresponder con los de teóricos o fuentes creíbles, parece que está haciendo un *reconocimiento del otro* como un interlocutor válido, condición necesaria en las interacciones sociales respetuosas y, desde luego, una adecuada manifestación de las habilidades ciudadanas.

Recapitulando, en inicio se consolida la noción colectiva donde hay una relación de relevancia paritaria entre la experimentación y las sensaciones, luego se sugiere que estas se involucran complementaria e integralmente con la teoría en un orden que remarcan y que alude entre otras cosas, por ejemplo a que la experimentación mental -como extensión la experiencia sensible- tiene lugar cuando ya no se puede hacer uso de los instrumentos propios de la experimentación. Luego, reconocen lo susceptibles que son cualquiera de esos elementos científicos, de no ser objetivos por estar supeditados a la interpretación y criticidad humana, lo que los hace falibles y tal vez no objetivos; un planteamiento que sustentan y/o legitiman en teóricos o fuentes creíbles.

Complementario a lo anterior, se suma el hecho de que los participantes intentan encontrar convergencias entre algunos aspectos de la ciencia, esto se deduce cuando II Dice que: “hay instrumentos que se crean, porque no somos sensibles a ciertos eventos, pero si creamos instrumentos sensibles a ellos, ¿eso haría parte de experimentos sensibles?”; una cuestión para la cual Informante 4 (En adelante I4) responde que la experiencia sensible puede devenir de los instrumentos que se crean para medir los fenómenos y acude a su memoria académica mencionando lo siguiente: “yo diría que sí, en electromagnetismo construimos un electroscopio y por medio de él se visibilizó la corriente en una bomba, por ende la percibí con los sentidos, entonces con ese experimento se construyó una experiencia sensible”. Entonces se configura una imagen de la ciencia que responde a los intereses de la mayor parte de los participantes y que

ellos toman la decisión de adoptar en medio de la relación dialógica que se estableció en este encuentro, que además dejó relucir una disposición de los participantes para escuchar los planteamientos de los otros, retomar algunos aspectos y reformular los propios de manera consensuada. Esto, a juicio de los investigadores, es una manifestación clara de la disposición a convencer y ser convencido, condición que según Toulmin (1977) es un elemento de ciudadanía que en las prácticas discursivas es catalogado como necesario para las dinámicas sociales.

Pudiera hablarse de un consenso porque quienes llevaron a cabo el desarrollo de este espacio de reflexión sobre la ciencia, han tomado la decisión de validar que un instrumento puede ser una extensión de los sentidos que posibilita la percepción de un fenómeno determinado, opinión que hace que la experimentación y la experiencia sensible converjan. Se reafirma como consenso porque a las dos intervenciones iniciales sobre este punto, se ha sumado la de I3, al respecto dice:

Yo creo que es como si fuera una extensión de nuestra experiencia sensible, porque como sabemos, los fenómenos eléctricos no los podemos percibir, pues no tenemos una sensación que nos diga que un cuerpo tiene una carga, pero entonces creamos algo que nos ayuda a percibirlo. (I3)

Con la expresión de I3, se visualiza el alcance final que ha tenido la práctica discursiva, donde a modo de cierre se plantea la confluencia entre la experimentación y la experiencia sensible, advirtiendo que se pueden colocar una en función de la otra para facilitar un mejor alcance de cualquiera. Se centra la atención en lo que dijo I1 y que concluye con el cuestionamiento acerca de si: ¿los instrumentos pueden ser una extensión de los sentidos?, una pregunta que se reconoce como válida ante todo lo hasta ahora dicho, pero que además se responde de manera afirmativa y unánime, cuando se decide como cierto que los artefactos

creados para estudiar los fenómenos elongan la capacidad de la experiencia sensible. Esto se configura como la *aceptación de los interrogantes en la toma de decisiones*, otra característica de las dinámicas de la ciencia que también se corresponden con expresiones de ciudadanía.

Desde el modo de ver de los investigadores, los participantes reconocen el carácter dinámico de la actividad científica y el sentido que el ser humano le otorga. También que han adoptado una idea colectiva que organiza, complementa y mejora sus preceptos, esto porque dicha idea surge cuando han compartido y reconocido sus conocimientos previos, posturas y experiencias, encontrando cómo corresponderse pero además cómo hacer cuestionamientos de los elementos de la reflexión de la que han participado y esto llama la atención porque según Romero et al. (2013), las cuestiones y posturas científicas que aborda una comunidad, deben ser identificados por la clase de preguntas que se plantean. Seguidamente, han sabido reconocer los aportes y visiones de sus pares, y esto es importante porque el conocimiento es una construcción dialógica donde la ciencia es una diversidad de cuestionamientos y relatos que aportan diferentes involucrados y funcionan para construir una realidad colectiva. (Romero et al., 2013).

Este apartado se cierra mostrando el progreso de una idea cuya concepción se da luego del abordaje de un elemento histórico y epistemológico de la fundamentación de la teoría relativista, más precisamente del espacio-tiempo. La relevancia se centra en que es la reflexión sobre un concepto científico, la que posibilita la evolución de dicha idea a partir de un hilo discursivo sobre el papel de la experimentación y la experiencia sensible en la construcción del conocimiento científico. Dicho hilo discursivo además permitió a los investigadores advertir expresiones propias de la actividad científica y de las habilidades ciudadanas. Lo anterior se reconoce desde la perspectiva en la que se enmarca este proyecto, como una forma de articular la formación científica y la formación ciudadana.

## **5.2 La argumentación como condición para las prácticas discursivas: una posibilidad para articular la formación científica y la formación ciudadana**

En este apartado, se examina cómo a partir de las prácticas discursivas sobre el espacio-tiempo de la perspectiva teórica de Einstein (Sánchez, 2002) emergen argumentos que permiten establecer una articulación entre la formación científica y la formación ciudadana.

Para propiciar el debate entre los participantes se propone un fragmento en el que se abordan los experimentos de Michelson y Morley sobre el espacio-tiempo relativista. En este fragmento Einstein hace referencia a los hechos y su aceptación en la postulación de una teoría. Para la discusión se propone la siguiente cuestión: ¿qué entendemos por un hecho científico? Al respecto, en una de las intervenciones se puede interpretar la naturaleza inmutable del hecho, esto se evidencia en lo planteado por Informante 1 (en adelante I1) cuando expresa: “hecho es... digamos algo que realmente no se puede cambiar, como una fecha, si todos vamos a hablar sobre ese evento histórico nos referimos a dicha fecha y todos vamos a estar de acuerdo con esa fecha” (I1). Ante lo expresado por I1, Informante 4 (En adelante I4) coincide al señalar: “...A mí me gusta esa definición...”. Luego, en la intervención de Informante 2 (En adelante I2), se advierten elementos que controvierten lo expresado por I1 y justifican el hecho como construcción social. Esto se evidencia cuando expresa: “un hecho científico, pienso que es algo que se acepta o se establece por consenso dentro de una comunidad de científicos, el hecho científico es esa construcción que se hace a partir de cuando se está haciendo ciencia...” (I2). En este punto se señala la emergencia de dos posturas distintas sobre lo que se está asumiendo por un hecho. En

---

una se considera que los hechos son inmodificables, mientras que en la otra, se considera que los hechos son una construcción producto de un consenso.

Ante la discusión sobre el hecho, Informante 5 (en adelante I5) cuestiona lo mencionado por I1: “... ¿un hecho es algo que no se puede cambiar?, yo diría que eso es un dato [...] un hecho lo escribe un humano y si la misma humanidad escribe los hechos, entonces la persona que está construyendo ese hecho tiene una propia versión de la realidad, [...] entonces el hecho se construye y depende de quien lo plantea”.

Complementario a lo anterior, I5 trae a colación un fragmento histórico acerca de los cuestionamientos que se le hacían a Aristóteles acerca del por qué una flecha desciende cuando es lanzada. El participante señala que para la época uno de los argumentos era el siguiente: “debe haber algo ahí en el espacio por lo que se resbale la flecha y eso se agota poco a poco, lo cual hace resbalar la flecha, este algo se va acabando hasta que la flecha se caiga” y complementa:

... pero por ejemplo para los físicos aristotélicos esa pregunta sobre por qué cae la flecha en sí misma no tenía sentido porque básicamente, ellos eran físicos muy energéticos, entonces, como eran físicos energéticos, todo se lo atribuían a que hay algo, como un motor, que lo empuja mientras se mueve y cuando lo deja de empujar entonces cae, pero no porque haya algo en el espacio... (I5)

Luego, I5 retoma este ejemplo para seguir argumentando sobre lo que se puede entender por hecho científico. Al respecto agrega:

...pero entonces ese hecho científico lo estudiaron los aristotélicos [...] ese fenómeno, lo volvieron hecho científico cuando ellos lo tradujeron a su forma de ver la física [...] pero si nosotros vamos a ver, Galileo estudió ese mismo fenómeno físico y lo hizo hecho científico al darle una interpretación [...], ese fenómeno físico se

convierte en un hecho científico cuando hay una persona que lo estudia y lo interpreta [...] los hechos científicos son construcciones que dependen desde qué punto de vista científico usted lo está mirando y claro, yo voy a llegar a lo mismo siempre y cuando esté bajo las mismas metodologías científicas de cierta comunidad. (I5)

Ante lo planteado por I5, I1 no termina convencida, no obstante, los argumentos de este último le hacen pensar de nuevo sobre la idea que ella defiende y pareciera reconsiderar su postura, al menos parcialmente. Esto se puede interpretar cuando dice:

...es que no sé cómo defenderme pero no estoy de acuerdo, o sea estoy en parte de acuerdo pero sería moviendo la situación, o sea, el hecho sería la flecha como su fenómeno y ya la otra cosa es lo que se haga con el hecho, o sea, los puntos de vista no pertenecen al hecho, es lo que yo haga con respecto a él, pero el hecho es el hecho, ¿que cuál es el hecho? que la flecha está cayendo, ¿cuál es la perspectiva? ah! qué es movimiento parabólico, no! que algo lo estaba halando, no!, pero el hecho es eso... pero el hecho ya está, lo que hagan con él es otra cosa. (I1)

En una última intervención I4 cambia de postura y menciona:

Estaba analizando la situación, lo que decía I1, lo que decían de la flecha y la verdad no, estoy como perdida al respecto, como bueno, pues es verdad, pero el hecho... no sé, pero si me iría más como porque el hecho es el fenómeno y el dato es la situación. (I4)

En el hilo anterior, I1 indica su punto de vista respecto del hecho como algo naturalmente inmutable e I4 en inicio encuentra correspondencia con esa idea. Luego, I2 al controvertir esa idea inicial, posibilitó junto con I5 el debate alrededor del hecho, pues los dos compartían una postura sobre este como construcción social, una idea coincidente con lo planteado por Shapin (1991), quien sostiene que el hecho científico es de carácter tanto sociológico como

epistemológico, producto de la comunicación a partir de la cual se construyen los discursos sobre la realidad y se constituye en el fundamento del conocimiento. Seguidamente, después de los argumentos expuestos por I2 y particularmente por I5, a I1 se le ha visto dudosa de lo que en principio defendía pero I4 claramente ha cambiado de parecer; esto se entiende como la prevalencia de un modo de ver a partir de los acuerdos que se establecen: el consenso.

En este contexto de significación, los investigadores interpretan que en los argumentos planteados por algunos participantes como I5, se evidencia el surgimiento de algunos aspectos de la actividad científica como son los discursos para persuadir al otro y que pueden ser asociados con aspectos de ciudadanía, esto porque en el debate se evidencia que los argumentos de I2 e I5 llevan a que I1 dude de lo planteado por ella y que I4 cambie de parecer; I1 e I4 incorporaron elementos de quienes les controvertían, para devenir un cambio parcial o total del planteamiento inicial; esto es evidencia de la modificación de sus posturas, algo que es clave en la generación del consenso y que se corresponde con la flexibilidad de pensamiento a la que aluden Candela (1999) y Toulmin (2003), cuando afirman que la argumentación se constituye en una condición necesaria para convencer y ser convencido. En este sentido, resulta apropiado decir que en esta investigación se asume la ciencia como una práctica discursiva, donde la argumentación puede constituirse en la bisagra que articula la formación científica y la formación ciudadana, siempre y cuando la flexibilidad de pensamiento permita llegar a consensos o acuerdos al reconocer, validar o discrepar pero no segregar los diferentes puntos de vista, en definitiva, construir desde las diferencias.

### **5.3 La reflexión sobre los fundamentos del espacio-tiempo relativista: una manera de articular la formación científica y la formación ciudadana**

La formación en ciencias, debe aportar más que la adquisición de conocimiento científico, también debe promover la apropiación de actitudes propias de la actividad científica y que estas a su vez tienen una correspondencia con habilidades ciudadanas que aporten una mejor convivencia. En esta investigación hemos convenido que el conocimiento es producto de la construcción colectiva y que está mediado por la comunicación (Shapin, 1991), en este sentido, el debate alrededor de un concepto científico, donde hay un reconocimiento de la inexistencia de dogmatismos, propicia el surgimiento de comportamientos que aportan a la civilidad, como: asumir posturas críticas, reflexivas y propositivas que permitan el planteamiento de propuestas encaminadas a la solución de problemas y conflictos, tener presente el principio de prudencia y respeto por las ideas ajenas, apropiar discursos mediados por el análisis, el razonamiento y la reflexión crítica de fuentes de información. En este sentido estamos de acuerdo con Hodson (2003), en que aprender ciencias permite aplicar actitudes adquiridas a partir de la enculturación científica a asumir actitudes de civilidad.

En el encuentro con los participantes leyeron una publicación de Albert Einstein de 1907 donde expresa su posición frente al resultado del experimento de Michelson y Morley y los planteamientos de Lorentz y FitzGerald, quienes consideraban la existencia del “ETER” y de la naturaleza de dos tipos de tiempo para justificar algunas inconsistencias entre la teoría y los resultados del experimento. Ante la pregunta ¿Qué papel cree usted que cumplen los postulados relacionados con el tiempo relativista en la construcción de teoría de la relatividad?, el informante I5 hace referencia a los postulados emergentes del científico, los cuales pueden ser diferentes a los de otros.



yo creo que son las bases, o sea toda teoría está en dependencia de lo que considera el científico sobre la naturaleza, Einstein tenía otra manera de ver de la que tenía Mach o Leibniz, así que realizó unos postulados de la relatividad, pero que esos postulados axiomáticos dependen de cuál es la perspectiva de universo o de ciencia (I5)

El informante I1 brinda nuevos elementos y coincide cuando afirma que: “yo pensé lo mismo que estaba pensando I5, que eran las bases es como lo primerito por allá en el fondo se ponen antes de construir algo, son aquellas que no se pueden contradecir”. En el mismo sentido lo considera I3 cuando expresa: “cualquier postulado no sirve, como los de Euclides, los postulados son... digamos irrefutables dentro de la teoría, después con el tiempo se ve la lógica que va a tener dentro de la teoría y no puedo tomar cualquier cosa como postulado” (I3)

En el diálogo anterior, ante la pregunta sobre el papel de los postulados científicos, I5 presenta a sus interlocutores -de manera inicial- una reflexión acerca del texto previamente leído y expresa que Einstein tenía una manera diferente de ver la ciencia a la de otros científicos de su época aludiendo a que los postulados científicos no son estáticos sino que pueden cambiar obedeciendo al modo en que algunas personas ven el mundo. Por otro lado I1 concuerda con I5 y adiciona a la discusión que los postulados son elementos incontrovertibles, de la misma manera I3 comenta que cualquier postulado no merece ser considerado. En el inicio de este encuentro se evidencia que los participantes presentan sus argumentos a partir de una lectura crítica del documento abordado, donde la construcción de conocimiento está mediada por una relación dialógica, en la que el intercambio de argumentos propicia las condiciones para convencer y ser convencido. Al respecto, sostenemos con Shapin (1991) que la comunicación cumple una doble función: es el medio que posibilita la interlocución y, a su vez, se constituye en fundamento del conocimiento, bajo los presupuestos de la ciencia como practica discursiva.

Es justamente en este contexto de significación, que los investigadores consideran que, reflexionar sobre los contenidos de la ciencia (fundamentos del espacio- tiempo) posibilita la emergencia de prácticas discursivas el reconociendo al otro como interlocutor válido y, en consecuencia se propicia el desarrollo de habilidades científicas y ciudadanas.

Por otra parte, en el encuentro se pregunta: ¿Qué relación se puede establecer entre los postulados y la experimentación? Ante esta cuestión I5, señala:

"[...] Si hay un experimento, hay una fenomenología que se me sale de la lógica de los postulados, entonces o ¿hubo una falla en el experimento o hay que mirar la teoría?, hay que mirar los postulados, ¿hay que engrandecerlos o ese no es el camino?, lo mismo pasa cuando uno lee por ejemplo a los principios de Newton y se pone a mirar el experimento del balde que él hizo o el imagino, yo más bien pienso que es un experimento mental que él hizo para definir la existencia del espacio absoluto, pero uno luego lee a Mach y se da cuenta que Mach analiza el mismo experimento a un proceso de experimentación mental y él explica que ese experimento físicamente se puede explicar sin necesidad de recurrir a la existencia de un espacio absoluto, ah! entonces hay algo en los postulados sobre los cuales se está basando Newton que no se necesitan o que hay que arreglar, la experimentación me permite a mí jugar con los límites de los postulados sobre los cuales está basada cierta teoría, incluso para contradecirla, proponer qué se debe cambiar o proponer una nueva mirada. (I5)

Ante los planteamientos de I5, I3 expresa:

La verdad no me atrevería a decir que estoy totalmente de acuerdo, pero entiendo lo que él dice y me parece que tiene sentido, yo había pensado que la experimentación puede ser uno de los medios para tumbar un postulado, pero creo que eso se quedaría muy corto, o

sea, la relación no se puede limitar a eso, porque la experimentación no funciona así, pero creo que puede ser un pedacito de la relación que se establece entre ellos. (I3)

Este aporte encuentra respaldo en I2, al expresar que:

yo estoy de acuerdo con dijo I3, la experimentación permite fijar una verdad, el semestre pasado leí un documento de la perspectiva de experimentación de Einstein y en él se dejaba claro que el experimento permite fijar esos postulados y lo que se puede cambiar es la teoría, nunca el resultado del experimento, si éstos no concuerdan con la teoría, lo que debe cambiar es la teoría. (I2)

Cuando se les cuestiona por la relación que ellos pueden establecer entre los postulados y la experimentación, I5 inicia planteando una serie de preguntas que considera relevantes para la discusión, ante este panorama -que él mismo ha fabricado-, toma elementos históricos no sólo para tratar de dar respuesta a sus propios cuestionamientos, también para dar un sustento a su idea a partir de datos. Por otro lado I3, aunque valora el aporte de I5, presenta una postura diversa, algo que encuentra el respaldo desde I2. En esta segunda parte se resalta el planteamiento de interrogantes, para indagar a profundidad el tema tratado, siendo una muestra de pensamiento crítico donde emergen capacidades para razonar (Matthews, 1994), pues como se mencionó anteriormente, el uso de argumentos fundamentados desde fragmentos históricos facilita presentar una idea sólida que conduzca a la resolución de un problema de interés para los involucrados. Por otro lado se destaca una toma de postura diferente por parte de I3, de una manera correspondiente con lo expuesto por Hodson (2003; 2013), donde la persona debe desarrollar su punto de vista independiente de los puntos de vista ajenos, sin que esto pretenda indicar que sea siempre diferente, sino que surja de la reflexión propia, donde se permite ver una mirada crítica aplicada a las ideas expresadas por otros.

Lo anterior muestra que en medio de la actividad científica surgen elementos basados en la documentación, lo que se constituye como una manera de afrontar situaciones de interés para el grupo así como apropiarse de una postura para el interlocutor que, a su vez puede o no estar en la misma vía que los demás argumentos, expresar dichas ideas en un ambiente de respeto enriquece la discusión y propicia el pensamiento crítico. Para juicio de los investigadores esto tiene correspondencia con los comentarios de Hodson (2003) cuando menciona que propiciar dichos ambientes democráticos hace emerger valores ciudadanos como la adquisición y uso de conocimiento en medio de un diálogo y reflexión crítica.

Para finalizar el encuentro se les pregunta: ¿considera usted que las condiciones iniciales que plantean los postulados determinan la experiencia o es la experiencia la que determina los postulados?, respondiendo a esto, I3 comenta: “la experiencia no determina los postulados sino que modifica los postulados, o sea ayuda como a esclarecerlos porque ya igual habían postulados iniciales respecto al tiempo”, I2 complementa en un intento por validarlo, diciendo: “a la luz de la visión de experimentación de Einstein, diría que la experiencia da como la base para justificar o poner un postulado”, y como respuesta de I5 se registra su apuesta por una mirada distinta a la de sus interlocutores, con respeto comenta: “a mí me gusta verlos en complementariedad, es decir, la experimentación puede determinar los postulados y viceversa, me gusta más verlo en complementariedad, creo que eso está en más armonía con la construcción del conocimiento científico”

I3 considera que la experiencia modifica los postulados y en este mismo sentido se encuentra el aporte de I2, mientras que I5 piensa algo distinto, considerando que fungen de manera tributaria. En este apartado parece que los participantes I3, I2 e I5 expresan que existe efectivamente una relación entre la experiencia y los postulados, pero al existir dos posturas

diferentes se hace evidente la complejidad de esta relación, por lo que procuran -como lo menciona Hodson (2003)- que a partir de sus capacidades críticas y de los elementos que en el transcurso de este encuentro han surgido, se aborda esta pregunta escuchando de manera detenida los aportes de sus pares y brindando su opinión sin pretender imponerse, sólo expresando su manera de ver la realidad.

A partir de un acto reflexivo sobre algunos elementos de ciencia enmarcados dentro del concepto Espacio-Tiempo relativista y que, desde la perspectiva fenomenológica en la que se enmarca esta investigación, fue posible apreciar en los informantes algunas habilidades que se enmarcan en el quehacer científico y que tienen correspondencia con actitudes ciudadanas donde los involucrados crearon un ambiente de apertura en que se reconocen como actores que aportan a la solución de situaciones y problemáticas. Además en medio de este ambiente democrático surgieron argumentos desde diferentes fuentes de conocimiento que posibilitaron el análisis y el razonamiento, también se destaca la capacidad de acercarse a la información que leen y escuchan de manera crítica y reflexiva, permitiendo al mismo tiempo brindar puntos de vista variados sobre un mismo aspecto tratado y la toma de decisiones basadas en los argumentos que surgieron en medio de la discusión, por lo que se considera que hacer ciencia va más allá de la simple adquisición de conocimiento sino que se trata también de asumir actitudes propias de la disciplina y que estas conducen a formar en y para la civilidad.

## **6 Consideraciones finales y perspectivas de trabajo**

Entendiendo el imperativo que representa reconocer, desde la enseñanza de las ciencias, el alcance formativo de los conceptos científicos en el ámbito social, particularmente porque en el aula también se construyen criterios de indiferencia o interés en lo que tiene que ver con las relaciones del sujeto con su entorno a partir de las perspectivas sobre el conocimiento científico que se privilegien en los escenarios académicos. Inicialmente se aludió a que esa perspectiva privilegiada indicaba el absolutismo e invariabilidad de la actividad científica y de sus producciones, así como de su enseñanza. Por eso una de las consecuencias es la falta de reflexión sobre y en la ciencia, de manera particular en el ámbito de la formación docente, lo que dificulta encontrar desde el contexto educativo el vínculo entre la ciencia y la sociedad, además de atender a las demandas del mundo actual por una ciencia comprometida con los asuntos sociales de la humanidad y sus problemáticas.

Adoptando fundamentos teóricos estipulados en la categoría del marco teórico titulada: Perspectiva sociocultural de la ciencia: Un marco interpretativo para las reflexiones sobre el espacio-tiempo como posibilidad de articulación entre la formación científica y la formación ciudadana, que valida la concepción de la ciencia como construcción humana, hubo lugar para preguntar ¿Cómo las reflexiones meta-científicas sobre el espacio-tiempo relativista posibilitan una articulación entre la formación científica y la formación ciudadana en estudiantes de la licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia?; para responder esta cuestión, se estableció un objetivo que demandó a los investigadores observar los momentos que pueden contemplarse además -desde la categoría: Reflexiones metacientíficas como posibilidad para articular la formación científica y la formación ciudadana, instaurados en el marco del enfoque cualitativo interpretativo como paradigma metodológico- como espacios para

reflexionar sobre y en el concepto de espacio-tiempo y/o sus aspectos históricos y epistemológicos de la teoría de la relatividad de Albert Einstein.

A partir de lo anterior, emergieron prácticas discursivas argumentativas y con sentido crítico donde se evidenciaron expresiones verbales que son propias de la actividad científica pero que también devienen de las actitudes ciudadanas, según la línea articuladora que se soporta en otra categoría, inscrita como: La formación científica y La formación ciudadana: Una aproximación desde la ciencia como construcción social. Entonces, el trabajo ha sido evidenciar y señalar aquellos enunciados que se dan o se propician en la cotidianidad de los procesos académicos, que involucran conceptos científicos y que en ocasiones son obviados; luego, se ha mostrado cómo, al tener una ruta de identificación de los mencionados enunciados y de su correspondencia con actitudes propias de la construcción de ciudadanía, se pueden hacer visibles para el maestro y en consecuencia para el estudiante, las convergencias articuladoras entre la ciencia y la sociedad, al menos desde la manera de comunicar ideas. Si lo anterior ocurre, el alcance formativo de los contenidos científicos se hará más general abarcando aspectos de la sociedad, pues el vínculo es legítimo.

Por otra parte, desde las mencionadas prácticas discursivas se ha determinado que, entre las consideraciones más relevantes, se halla que los informantes han construido un modo de significar la ciencia y su constitución donde el ser humano y sus formas sociales tienen un papel protagónico, esto es acorde con la perspectiva de ciencia sobre la que se ha erigido esta investigación, una perspectiva sociocultural que concibe la ciencia como una construcción humana; algo que tuvo validez para el espacio del cual hicieron parte. Luego, la idea que resulta de los encuentros académicos adelantados ha contado con el protagonismo de los informantes, dicha idea alude a que los instrumentos son una extensión de los sentidos; lo relevante es que en

medio de su construcción, han reconocido los unos de los otros, los tratamientos que se han brindado y que en un marco civil se pueden considerar sujetos al respeto por lo que el otro representa, algo que puede servir de insumo para discusiones y proposiciones futuras en otros escenarios de aprendizaje, donde podrán validar que: hablar de ciencia posibilita construir buenas expresiones de ciudadanía y esto se constituye -para los informantes- en un conocimiento nuevo sobre la ciencia y de su aplicabilidad. Se recuerda que en principio se abordaron fundamentos históricos y epistemológicos del espacio-tiempo relativista. Desde el modo de ver de los investigadores es un resultado intencionado que se da desde la ejecutabilidad de la categoría denominada Revisión crítica del fundamento epistemológico del espacio-tiempo relativista: Construyendo habilidades científicas articuladoras de la formación científica y la formación ciudadana.

El proyecto de investigación concluye que los conceptos científicos, posibilitan desde lo disciplinar o desde su fundamento histórico-epistemológico, vincularlos con asuntos sociales, pues cuando se reflexiona sobre la ciencia se manifiestan prácticas discursivas entre quienes hacen el ejercicio de reflexión. En dichas prácticas discursivas emergen posiciones e hilos argumentativos correspondientes con indicios que se enmarcan teóricamente en las habilidades científicas así como en las actitudes propias de la ciudadanía, constituyéndose este ejercicio de reflexión metacientífica sobre el espacio-tiempo relativista en una manera de propiciar la articulación de la formación científica y la formación ciudadana.



## 7 Referencias

- Acevedo, J. A., García-Carmona, A., & Aragón, M. (2015). Un caso de historia de la ciencia para aprender naturaleza de la ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 13(2), 408–422.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25267/R>
- Acevedo, J. A. (2006). Investigación científica, naturaleza de la ciencia y enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 306-311,  
<http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>
- Aguilar, Y., Restrepo, T., & Mejía, R. (2002). *El movimiento desde la perspectiva de sistemas, estados y transformaciones* [tesis de especialización, Universidad de Antioquia]. Biblioteca Digital Ceded. <http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/handle/123456789/297>
- Allport, G. (1980). *La personalidad: su configuración y desarrollo*, Ed Herder.  
<https://juliancastror.files.wordpress.com/2016/06/allport-psicolog3ada-de-la-personalidad.pdf>
- Arango, J., Henao, B. (2013). Hacia una formación científica en y para la civilidad: la argumentación en el contextos de discusiones sobre la explotación minera del oro como asunto sociocientífico. En Á. Romero, B. Henao & J. Barros (Eds), *La argumentación en la clase de ciencias. Aportes a una educación en ciencias en y para la civilidad fundamentada en reflexiones acerca de la Naturaleza de las ciencias*. *Researchgate*:  
<https://www.researchgate.net/publication/280730546>
- Cárdenas, L., Botero, C. (2009). Leibniz, Mach y Einstein: Tres objeciones al espacio absoluto de Newton. *Discusiones Filosóficas*, 10(15), 51-68.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-61272009000200004&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-61272009000200004&lng=en&tlng=es)

Cassirer, E. (1965). La ciencia. En Cassirer, E (Ed), *Antropología filosófica* (4 ed., pp 348-371)

Fondo de Cultura Económica. <file:///H:/Descargas/antropologia.filosofica.pdf>

Candela, Antonio. (1999). Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso.

México, D.F.: Paidós Educador

Cortés, A., & Martínez, M. B. (1999). Controversia científica para el aula: ¿Tiene la cubeta de Azuara un origen extraterrestre?. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 7(1), 143–157.

<https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/88550/132537>

Creswell, J. (2003). *Research design qualitative, quantitative and mixed methods approaches* (2a ed.). SAGE Publishing.

Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. *Boletín Sociedad Colombiana de Epistemología*, 3(10-11), 65-80.

Einstein, A. (2015). *Sobre la teoría de la relatividad especial y general*. Preparado por Patricio Barros. <https://bit.ly/3vM5KQU>

Einstein, A., & Infeld, L. (2017). *La física, aventura del pensamiento*. Losada. <https://bit.ly/3vM5KQU>

García, J., Enseñar ciencias en un mundo en riesgo. Antecedentes y propuestas curriculares didácticas. *Revista Uni-pluriversidad*, 9(2),

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/unip/article/view/2392>

Henao, B. y Palacio, L. (2013). Formación científica en y para la civilidad: desafíos y posibilidades de la educación en ciencias. En A. Romero, B. Henao y J. Barros (Eds.), *La argumentación en la clase de ciencias. Aportes a una educación en ciencias en y para la*

- 
- civilidad fundamentada en reflexiones acerca de la Naturaleza de las ciencias* (pp. 23-67). Universidad de Antioquia. <https://www.academia.edu/8790141>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw Hill.
- Hodson, D. (2003). Tiempo de acción: la educación científica para una alternativa futuro. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645–670. <https://doi.org/10.1080/09500690305021>
- Hodson, D. (2013). La educación en ciencias como un llamado a la acción. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 7(7), 1–15. [http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art\\_revistas/pr.6577/pr.6577.pdf](http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.6577/pr.6577.pdf)
- Lersch, P. (1966). *La estructura de La personalidad*. Editorial Scientia.
- Matthews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanzas de las Ciencias*, 12(2), 255–277. <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v12-n2-matthews/2354>
- MEN. (2004). *Formar en ciencias: ¡el desafío!* © Ministerio de Educación Nacional
- Pérez, H., y Solbes, J. (2006). Una propuesta sobre enseñanza de la relatividad en bachillerato como motivación para el aprendizaje de la física. *Enseñanza de las ciencias*, 24 (2). 269-284. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3805>
- Rodríguez, L. y 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, 3-20.

---

Romero, Á. (1996). La perspectiva relativista del mundo físico en el siglo XVIII. Los aportes de L. Euler. En Guerrero, P. (Comp.), *Einstein: Científico y filósofo* (pp. 383-410). Editorial Universidad del Valle. <https://doi.org/10.25100/peu.74>

Romero, Á., Aguilar, Y., Medina, J. D., & Tarazona, M. G. (2011). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico: un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Repositorio Digital Ceded. <http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/handle/123456789/354>

Romero, Á., Restrepo, C. & J. Guzmán. (2013). La experimentación cualitativa y exploratoria como escenario de procesos argumentativos en la enseñanza de las ciencias. En A. Romero, B. Henao y J.

Ron, J. (2015). *Albert Einstein: su vida, su obra y su mundo*. Grupo Planeta. <https://bit.ly/3zh5Moj>

Sánchez, J. (2002). *Teoría y experimento, una relación dinámica: implicaciones en la enseñanza de la física*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional (UPN), Departamento de Física. Documento Inédito

Sanz, G. (2005). *Comunicación efectiva en el aula: técnicas de expresión oral para docentes*. Graó. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=391417>

Schmidt, C. (1995). Significación fenomenológica del espacio y del tiempo. *Revista de filosofía*, 12(21), 31-53. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/filosofia/article/view/17894/17883>

Shapin, S. (1991). Una bomba circunstancial: la tecnología literaria de Boyle (Trad. G. Pineda).

En M. Callon & B. Latour (Eds.), *La science telle qu'elle se fait*. La Découverte.

Solbes, J. y Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo la historia de la ciencia en

las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes

positivas, *Enseñanza de las ciencias*, 19 (1), 151-162.

<https://roderic.uv.es/handle/10550/36390>

Stake, R. (2005). *Investigación con estudio de casos* (3a ed.). Ediciones Morata.

Toulmin, S. (2003). *Regreso a la razón*. Barcelona: Ediciones Península.

Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.

## 8 Anexos

### 8.1 Consentimiento informado



#### Protocolo de Compromiso ético y Consentimiento informado para participantes de la investigación

Estimado(a) Señor/Señora:

Usted ha sido invitado a participar en el Proyecto de investigación, titulado “Las reflexiones metacientíficas sobre el Espacio – Tiempo relativista como propiciadoras de la articulación entre formación científica y formación ciudadana”, cuyos investigadores responsables son Jairo A. Amaya A y Diego A. Jaramillo Torres, estudiantes de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia y miembros del grupo ECCE (Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza). El objetivo del estudio es: Analizar cómo las reflexiones metacientíficas sobre el espacio-tiempo relativista posibilitan la articulación entre la formación científica y la formación ciudadana en estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia. El estudio se está realizando con docentes en formación de la Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia.

Si Usted acepta participar en el estudio: Le invitaremos a participar en un grupo de discusión, junto con otras personas como usted, para conocer sus opiniones y experiencias acerca de la formación científica y su relación con la formación ciudadana. Es importante aclarar que no habrá respuestas correctas ni incorrectas, solamente queremos conocer su opinión acerca de este tema.

El grupo de discusión tendrá seis encuentros de una duración aproximada de una hora en un horario por concretar y se llevará a cabo de manera virtual mediante la plataforma [www.meet.google.com](http://www.meet.google.com). Si usted está de acuerdo, se grabarán las discusiones que se den dentro de este espacio con la única finalidad de tener registrada toda la información y poder analizarla.

Usted no recibirá un beneficio directo por su participación en el estudio; sin embargo, si acepta participar, estará colaborando con la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia y aportando en la cualificación de las propuestas que intentan mejorar la educación del país.

Toda la información que nos proporcione para el estudio será de carácter estrictamente confidencial. Será utilizada únicamente por el equipo de investigación del proyecto y para otros trabajos investigativos si así lo requieren. Aun cuando no podemos garantizar que los asistentes al grupo guarden la confidencialidad de la información que se discuta, se les invitará a que eviten comentarla con otras personas. Para asegurar la confidencialidad de sus datos, usted quedará identificado(a) con un número o pseudónimo y no con su nombre, a menos que así lo desee. Los resultados de este estudio serán publicados con fines académicos y antes de hacerlo se hará la devolución de los resultados a usted y a los demás participantes de la investigación, pero se presentarán de tal manera que no podrá ser identificado(a).

Los riesgos potenciales que implican su participación en el grupo de discusión son mínimos. Si alguna de las preguntas o temas que se traten en el grupo le hicieran sentir un poco incómodo(a), tiene el derecho de no comentar al respecto. Es importante aclararle que Usted no recibirá pago alguno por participar en el grupo de discusión, y tampoco tendrá costo alguno para usted.



La participación en este estudio es absolutamente voluntaria. Usted está en plena libertad de negarse a participar o de retirar su participación del mismo en cualquier momento. Su decisión de participar o de no participar no afectará de ninguna manera la forma en cómo le tratan.

Cualquier pregunta que desee hacer durante el proceso de investigación podrá contactar al Profesor Yirsen Aguilar Mosquera, docente de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia y asesor de los investigadores, al correo electrónico: [yirsen.aguilar@udea.edu.co](mailto:yirsen.aguilar@udea.edu.co).

Agradecemos desde ya su colaboración, y le saludamos cordialmente.  
Maestrandos. Jairo A Amaya A y Diego A Jaramillo Torres

Firma:

C.C:

## 8.2 Acta de consentimiento informado



### ACTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo ..... , identificado con ..... número ..... de ..... acepto participar voluntaria y anónimamente en la investigación titulado “Las reflexiones metacientíficas sobre el Espacio – Tiempo relativista como propiciadoras de la articulación entre formación científica y formación ciudadana”, dirigida por los maestrandos Jairo A Amaya A y Diego A Jaramillo, Investigadores responsables, académicos del grupo ECCE y de la facultad de educación de la Universidad de Antioquia.

Declaro haber sido informado/a de los objetivos y procedimientos del estudio y del tipo de participación. En relación a ello, acepto participar en dicha investigación.

Declaro haber sido informado/a que mi participación no involucra ningún daño o peligro para su salud física o mental, que es voluntaria y que puedo negarme a participar o dejar de participar en cualquier momento sin dar explicaciones o recibir sanción alguna.

Declaro saber que la información entregada será **confidencial y anónima**. Entiendo que la información será analizada por los investigadores en forma grupal y que no se podrán identificar las respuestas y opiniones de cada participante de modo personal.

Declaro saber que la información que se obtenga será guardada por el investigador responsable en dependencias de la Universidad de Antioquia y será utilizada sólo para este estudio.

Este documento se firma en dos ejemplares, quedando uno en poder de cada una de las partes.

Nombre del participante	Identificación	Firma

Nombre de los Investigadores	Identificación	Firma
Jairo A Amaya A	72364987	
Diego A Jaramillo Torres	1128450107	

Para su constancia se firma a los 31 días el mes de mayo de 2021.

Cualquier pregunta que desee hacer durante el proceso de investigación podrá contactar al Profesor Yirsén Aguilar Mosquera, docente de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, Correo electrónico: [yirsen.aguilar@udea.edu.co](mailto:yirsen.aguilar@udea.edu.co)



### 8.3 Actividad 1. Primera parte. El dilema de los héroes



Las reflexiones metacientíficas sobre el Espacio – Tiempo relativista como propiciadoras de la articulación entre formación científica y formación ciudadana

## UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

### FACULTAD DE EDUCACIÓN



### Actividad 1. El dilema de los héroes

#### Primera parte

**Introducción.** Se presenta una situación hipotética relacionada con un evento relativista en el que se ponen en juego aspectos estructurantes de la relatividad: la velocidad de la luz y los tiempos relativos en la percepción del evento.

Debe entenderse que en esta actividad no se pretende indagar por respuestas correctas, por el contrario, sólo se busca propiciar un debate en el que el centro de atención está en los modos de interpretar, de asumir y defender posturas. Igualmente, se busca seguir la manera como los participantes conducen la discusión y los elementos que surgen cuando se establecen consensos o disensos.

**Propósito:** Identificar habilidades científicas y ciudadanas en los discursos e interacciones de los informantes cuando debaten alrededor de evento relativista relacionado con la velocidad de la luz y el espacio tiempo.

**Orientaciones:**

Lea atentamente la descripción de la situación planteada y reflexione críticamente sobre los asuntos que se ponen en consideración.

Recuerde que no se trata de que sus respuestas sean juzgadas con respecto al marco teórico de la relatividad, sino que, responda y argumente de manera auténtica: lo que usted cree o considera sobre las cuestiones que se plantean.

Lea cuidadosamente la siguiente situación: En una ciudad en conflicto llegan Hulk y Iron-Man, en un momento Hulk permanece en reposo respecto al suelo ( $V=0\text{km/s}$ ), mientras que Iron-Man, se encuentra justo arriba de Hulk. En ese instante, Iron-Man se dirige hacia la derecha a la mitad de la velocidad de la luz. En ese preciso instante, en el que coinciden sus

posiciones, respecto a un punto en la Tierra, ocurre un evento de dos rayos a la derecha y a la izquierda de ambos, justo a igual distancia de ellos, tal como se ilustra en la imagen uno:



*Imagen 1. Ocurrencia simultanea de dos rayos, cada uno a igual distancia de los observadores.*

Tiempo después de haber ocurrido el evento, los dos héroes se encuentran y debaten sobre lo que ellos observaron.

1. Según tus conocimientos, ¿Cómo crees que puede describir cada uno de ellos la ocurrencia del evento (los rayos) en función del tiempo? Justifique cada descripción.

---

---

---

---

---

---

---

2. ¿Considera usted, posible establecer algún tipo de relación entre las descripciones?

Si\_\_\_\_\_

No\_\_\_\_\_

Justifique su respuesta.

---

---

---

---

---

---

### 8.4 Actividad 1. Segunda parte. El dilema de los héroes



Las reflexiones metacientíficas sobre el Espacio – Tiempo relativista como propiciadoras de la articulación entre formación científica y formación ciudadana

## UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

### FACULTAD DE EDUCACIÓN



### Actividad 1. El dilema de los héroes

### Segunda parte

Si ahora, los eventos tienen ocurrencia con una distancia entre los rayos de 900000km y la distancia entre cada rayo y los observadores (Hulk y Iron-Man) es de 4500000. Además, cada uno mantiene su estado de movimiento, de la condición inicial: Hulk está en reposo y Iron-Man, se mueve hacia la derecha a una velocidad de 150000km/s.

En esta situación, usted cree que, es adecuado afirmar que (marque las que considere adecuadas):

1. Los dos personajes perciben la luz de los dos rayos:
  - a. Al mismo tiempo
  - b. Iron-Man percibe la luz del rayo de la derecha antes que Hulk
  - e. Iron-Man percibe la luz del rayo de la izquierda antes que Hulk
  - c. Iron-Man percibe la luz de los dos rayos antes que Hulk
  - d. Iron-Man percibe la luz de los dos rayos después que Hulk

Justifique su (sus) respuesta:

---

---

---

---

---

---

2. En esta situación, ¿considera usted que es posible establecer el tiempo transcurrido y distancia recorrida por la luz cuando Hulk la percibe?

Si \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

Si su respuesta es afirmativa, los valores del tiempo y la distancia recorrida por la luz serían.

***Para Hulk***

**Rayo de la derecha**

Tiempo transcurrido \_\_\_\_\_ espacio recorrido por la luz \_\_\_\_\_

**Rayo de la izquierda**

Tiempo transcurrido \_\_\_\_\_ espacio recorrido por la luz \_\_\_\_\_

***Para Iron-Man.***

**Rayo de la derecha**

Tiempo transcurrido \_\_\_\_\_ espacio recorrido por la luz \_\_\_\_\_

**Rayo de la izquierda**

Tiempo transcurrido \_\_\_\_\_ espacio recorrido por la luz \_\_\_\_\_

3. Si ahora ***Iron-Man se*** mueve a la velocidad de la luz, de ser posible, ¿cuánto tiempo cree usted que tardaría en percibir la luz del rayo que ocurrió a su izquierda?

\_\_\_\_\_

Justifique su respuesta \_\_\_\_\_

---

---

---

## **Referencias**

Sánchez, J. (2015). Albert Einstein. Su vida, su obra y su mundo. Barcelona: Crítica. Barcelona. ISBN: 978849892897

Acevedo-Díaz, J.A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M.M. (2016) Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 13 (2), 408-422. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18297>

## 8.5. Actividad 2. El problema de Einstein



Las reflexiones metacientíficas sobre el Espacio – Tiempo relativista como propiciadoras de la articulación entre formación científica y formación ciudadana

### UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

#### FACULTAD DE EDUCACIÓN



## Actividad 2. El problema de Einstein

### Introducción.

Se presenta un fragmento de un discurso de Albert Einstein, pronunciado a finales de 1922 en Japón, recopilado en el libro “*Albert Einstein. Su vida, su obra y su mundo*” (Sánchez, 2015), en él explica algunos de los aspectos, que para él fueron los más relevantes, a la hora de construir la TER

### Orientaciones:

Lea atentamente el fragmento planteado y reflexione críticamente sobre los asuntos que se ponen en consideración.

Recuerde que no se trata de que sus respuestas sean juzgadas con respecto al marco teórico de la relatividad, sino que, responda y argumente de manera auténtica: lo que usted cree o considera sobre las cuestiones que se plantean.

*Fragmento del libro “Albert Einstein. Su vida, su obra y su mundo” (2015) (p. 289)*

Hará unos diecisiete años que tuve la idea de establecer el principio de relatividad. De dónde surgió la idea es algo que no puedo expresar de forma precisa. Sin embargo, es cierto que la idea estaba contenida en los problemas

relacionados con la óptica de los cuerpos en movimiento. La luz se propaga por el mar de éter. La Tierra también se mueve en ese éter. Desde el punto de vista de la Tierra, el éter se mueve en su contra. No obstante, no podía encontrar, en ninguna literatura sobre física, los hechos que verificaban este flujo del éter.

Por consiguiente, yo quería, de alguna manera, verificar ese flujo de éter en contra de la Tierra, es decir, el movimiento de la Tierra. Cuando en aquella época me planteé este problema, nunca dudaba de la existencia del éter y del movimiento de la Tierra. Quería, en consecuencia, mediante la reflexión adecuada de una fuente de luz por espejos, enviar un haz de luz en la dirección y el sentido del movimiento de la Tierra y otro haz en el sentido opuesto a éste. Anticipando que debía de existir alguna diferencia en la energía de esos dos haces, pretendía verificar esta suposición mediante la diferencia de calor que ocasionarían los haces en dos termopares. La idea era de un tipo similar a la del experimento de Michelson, pero, por entonces, yo no conocía muy bien este experimento.

Mientras albergaba estas ideas en mi mente, en mi época de estudiante, llegué a conocer el extraño resultado del experimento de Michelson. Entonces me di cuenta de manera intuitiva de que, si se admitía este resultado como un hecho, era error nuestro el pensar que la Tierra se movía en contra del éter. Éste fue el primer camino que me guió a lo que ahora denominamos el principio de la relatividad especial. Desde entonces, he llegado a creer que aunque la Tierra se mueve alrededor del Sol, no podemos percibir este movimiento mediante experimentos ópticos.

Fue justo entonces cuando tuve la oportunidad de leer la monografía de Lorentz de 1895. En ella Lorentz trataba de los problemas de la electrodinámica y era capaz de resolverlos completamente en una primera aproximación, es decir, en tanto que despreciaba las magnitudes de orden superior a la segunda potencia del cociente entre la velocidad del cuerpo en movimiento y la velocidad de la luz. A la sazón, me ocupé del experimento de Fizeau y traté de aproximarme a él con la hipótesis de que las ecuaciones dadas por Lorentz para los electrones se mantenían tanto en el sistema de coordenadas centrado en el cuerpo en movimiento como en el sistema centrado en el vacío. De todas formas, por esa época, yo creía firmemente que las ecuaciones de **Maxwell-Lorentz** de la electrodinámica eran correctas y que revelaban la verdadera realidad. Y lo que es más, que [la hipótesis de] que estas ecuaciones eran también válidas para los sistemas de coordenadas en movimiento, indicaba la relación de la denominada invariancia de la velocidad de la luz.

A pesar de todo, esta invariancia de la velocidad de la luz entraba en conflicto con la bien conocida ley de la adición de velocidades de la mecánica. ¿Cómo demonios se contradecían entre sí estas dos leyes? Sentía que había llegado a una grave dificultad. Con la esperanza de poder modificar de alguna manera la forma de pensamiento de Lorentz, malgasté casi un año con pensamientos inútiles. Después, sólo podía pensar que ese misterio era demasiado difícil como para poderlo resolver yo.

Sin embargo, un amigo mío [Michele Besso] de Berna, me liberó por casualidad. Hacía un día precioso. Fui a visitarlo y comencé a hablar con él en términos como éstos.

«Tengo un problema que no podré resolver en toda mi vida. Hoy, lo he traído para batallararlo contigo». Discutí diversas cosas con él. De ese modo, me sentí inspirado y fui capaz de alcanzar el entendimiento. Al día siguiente volví a verlo y le dije: «Muchas gracias. Ahora he interpretado completamente mi problema».



Mi interpretación se centró en el concepto del tiempo. A saber, que el tiempo no se podía definir de manera absoluta, pero que mantenía una relación inseparable con la señal de la velocidad, de manera que la dificultad extrema de antaño se resolvió completamente por vez primera.

Cinco semanas después de darme cuenta de este hecho, el principio de la relatividad especial quedó establecido como lo conocemos hoy. No tuve la menor duda de que también era muy aceptable desde el punto de vista filosófico. De manera específica, me di cuenta de que debería estar de acuerdo con las ideas de Mach. Como ven, nada en la teoría [especial] está relacionado con la visión de Mach de manera tan directa como lo están los últimos problemas resueltos por la teoría general de la relatividad. No obstante, siguiendo sus análisis de los diversos conceptos de ciencia, es posible suponer una conexión, aunque puede ser indirecta. Fue de esta manera como se construyó la teoría especial de la relatividad.

### **Preguntas que guiarán la discusión.**

1. En el fragmento Einstein hace referencia hacia los hechos y su aceptación en la postulación de una teoría, según usted, ¿qué es un hecho científico?
2. ¿Qué diferencia puede establecer usted entre un hecho y un hecho científico?
3. ¿Cuál cree usted que es el papel de los supuestos y la intuición en la construcción de teoría?

### **Referencias**

Sánchez, J. (2015). Albert Einstein. Su vida, su obra y su mundo. Barcelona: Crítica. Barcelona. ISBN: 978849892897

Acevedo-Díaz, J.A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M.M. (2016) Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 13 (2), 408-422. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18297>

## 8.6 Actividad 3. Primera parte. El pensamiento de Einstein



Las reflexiones metacientíficas sobre el Espacio – Tiempo relativista como propiciadoras de la articulación entre formación científica y formación ciudadana

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**



### **Actividad 3. El pensamiento de Einstein**

#### **Primera parte**

**Introducción.** Se presentan dos fragmentos del libro *“Albert Einstein. Su vida, su obra y su mundo”* (Sánchez, 2015) en los que se evidencian algunas posturas de Einstein frente a la actividad científica y a conceptos propios de la teoría de Relatividad.

#### **Orientaciones:**

Lea atentamente el fragmento planteado y reflexione críticamente sobre los asuntos que se ponen en consideración.

Recuerde que no se trata de que sus respuestas sean juzgadas con respecto al marco teórico de la relatividad, sino que, responda y argumente de manera auténtica: lo que usted cree o considera sobre las cuestiones que se plantean.

*Fragmento del libro “Albert Einstein. Su vida, su obra y su mundo” (2015) (p. 249)*

*Querido Michele:*

*Tu carta es verdaderamente muy interesante, pero no es tan sencilla de responder. En lo que se refiere a Mach, debo distinguir entre su influencia en general y el efecto que produjo sobre mí. Mach logró enormes avances (por ejemplo, el descubrimiento de las ondas de choque, que se*

*basa en un método óptico verdaderamente genial). Sin embargo, no queremos hablar de esto sino de su influencia sobre la actitud general en relación con los fenómenos de la física. Su gran mérito es haber flexibilizado el dogmatismo que reinaba en los siglos XVIII y XIX sobre los fundamentos de la física. Trató de demostrar, sobre todo en la mecánica y en la teoría del calor, cómo los conceptos surgen de la experiencia. Defendió con convicción el punto de vista según el cual estos conceptos, incluso los más fundamentales, no extraen su justificación más que de la experiencia y no son, en modo alguno, necesarios desde el punto de vista lógico. Su acción fue especialmente beneficiosa ya que mostró claramente que los problemas más importantes de la física no son de naturaleza matemático-deductiva: los más importantes son los que se refieren a los principios básicos. Yo veo su punto débil en el hecho de que creía poco más o menos que la ciencia consistía únicamente en poner en orden el material experimental, es decir, que ignoró el elemento constructivo libre en la elaboración de un concepto. De alguna manera pensaba que las teorías son el resultado de un descubrimiento y no de una invención. Iba incluso tan lejos que consideraba las «sensaciones» no sólo un material concebible sino también, en cierta medida, materiales de construcción del mundo real; creía poder llenar así el abismo que existe entre la psicología y la física. Si hubiese sido del todo consecuente, no debería haber rechazado solamente el atomismo, sino también la idea de una realidad física.*

*En lo que se refiere a la influencia de Mach sobre mi pensamiento, sin duda alguna ha sido muy grande. Me acuerdo muy bien de que fuiste tú quien me llamó la atención sobre su tratado de mecánica y su teoría del calor, en mis primeros años de estudios, y que estas dos obras me produjeron una gran impresión. Hasta qué punto han influido en mi propio trabajo es algo que, francamente, no veo claro. [...] Por lo demás, es interesante señalar que Mach rechazó con saña la teoría de la relatividad restringida. (Ya no vivía en la época de la teoría de la relatividad general). Le parecía que la teoría sobrepasaba en especulación todo cuanto está permitido. No sabía que este carácter especulativo pertenece a la mecánica de Newton y, en general, a toda teoría imaginable. No hay más que una diferencia de grado entre las teorías, en la medida en que los caminos [que sigue] el pensamiento desde los principios básicos hasta las consecuencias comprobables por la experiencia son de longitud y complicación diferentes.*

1. ¿Cuál cree que es la intención de Einstein en los fragmentos?
2. ¿Cuál es el papel de la experiencia sensible en la construcción de teoría?
3. ¿Cuál es el papel de la experimentación en la construcción de conocimiento?
4. ¿Cuál es el papel de la especulación en la construcción de conocimiento?
5. ¿Qué apreciaciones tiene usted de la frase “De alguna manera pensaba que las teorías son el resultado de un descubrimiento y no de una invención”?

### 8.7 Actividad 3. Segunda parte. El pensamiento de Einstein



Las reflexiones metacientíficas sobre el Espacio – Tiempo relativista como propiciadoras de la articulación entre formación científica y formación ciudadana

## UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

### FACULTAD DE EDUCACIÓN



## Actividad 2. El pensamiento de Einstein

### Segunda parte

#### Qué es un postulado

Un **postulado** es una proposición no evidente por sí misma ni demostrada, pero que se acepta, ya que no existe otro principio al que pueda ser referida.

Si la proposición se considera evidente y es aceptada sin demostración previa, se denomina axioma.

También se denomina **postulado** a los principios sustentados por una determinada persona, un grupo o una organización.

Por ejemplo, en filosofía y en psicología los diversos enfoques o escuelas suelen diferenciarse en una serie de proposiciones filosóficas. A estas se les nombra **postulados**, que actúan como definiciones opcionales que delimitan una concepción de cada disciplina (tipo de método que utiliza, objetivo de estudio, etcétera).

Así, los puntos de partida de la cognición, la modificación de conducta y *Gestalt* acerca de qué son la mente, la personalidad y la conducta son distintos. A partir de estos postulados se desarrolló toda la teoría. En toda ciencia -incluso la Física, al considerar que existen reglas constantes definibles- se suele disponer de puntos de partida filosóficos.

El siguiente fragmento es una publicación de Albert Einstein de 1907, por favor léalo con atención y reflexione respecto a algunos elementos propuestos al final del fragmento.

*Fragmento del libro "Albert Einstein. Su vida, su obra y su mundo" (2015) (p. 274)*

*Es bien sabido que esta contradicción entre teoría y experimento [la que mostraba el experimento de Michelson y Morley] fue eliminada formalmente con el postulado de H. A. Lorentz y FitzGerald, según el cual los cuerpos en movimiento experimentan una cierta contracción en la dirección de su movimiento. Sin embargo, este postulado ad hoc parecía ser sólo un medio artificial para salvar la teoría: de hecho, el experimento de Michelson y Morley había demostrado que los fenómenos están de acuerdo con el principio de relatividad incluso cuando esto no se esperaba utilizando la teoría de Lorentz. Parecía, por consiguiente, que la teoría de Lorentz debiera ser abandonada y reemplazada por una teoría cuyos fundamentos correspondiesen al principio de relatividad, ya que tal teoría predeciría fácilmente el resultado negativo del experimento de Michelson y Morley. Sin embargo, sorprendentemente, resultó que una concepción del tiempo suficientemente perfeccionada era todo lo que se necesitaba para salvar la anterior dificultad. De lo único que había que darse cuenta es que una cantidad auxiliar introducida por Lorentz y que él denominó «tiempo local» podría definirse como «tiempo» en general. Si uno se adhiere a esta definición del tiempo, las ecuaciones básicas de la teoría de Lorentz corresponden al principio de relatividad, siempre que se reemplacen las ecuaciones de transformación por otras que corresponden al nuevo concepto de tiempo. La hipótesis de Lorentz y FitzGerald aparece como una consecuencia obligada de la teoría. Lo único que no se ajusta a la teoría descrita aquí es la idea de un éter luminífero como el vehículo que transporta las fuerzas eléctricas y magnéticas, puesto que las fuerzas electromagnéticas aparecen aquí no como estados de alguna sustancia sino más bien como cosas que existen independientemente que son parecidas a la materia ponderable y comparten con ella la propiedad de inercia.*

### **Preguntas que guiarán la discusión.**

1. ¿Qué papel cree usted que cumplen los postulados axiomáticos en la construcción de teorías?
2. ¿Qué relación se puede establecer entre los postulados y la experimentación?
3. Según sus conocimientos, ¿cómo cree usted que influye la concepción de tiempo en la construcción de la TER?
4. ¿Considera usted que las condiciones iniciales que plantean los postulados determinan la experiencia o es la experiencia la que determina los postulados? Explique

### **Referencias**

- Sánchez, J. (2015). Albert Einstein. Su vida, su obra y su mundo. Barcelona: Crítica. Barcelona. ISBN: 978849892897
- Acevedo-Díaz, J.A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M.M. (2016) Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 13 (2), 408-422. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18297>

### 8.8 Matriz de doble entrada, caracterización de los discursos de los informantes

I3	se menciona lo de la sensaciones (CA1) y uno siempre que está en contacto con la naturaleza está teniendo sensaciones sin la necesidad de haber construido un experimento claro	construcciones situacionales y temporales para articular y justificar ideas, y que se ubican y evalúan en un contextos particular
I3	yo entiendo por experiencia sensible todo lo que podemos percibir a través de nuestros sentidos [...] tienen un papel muy importante dentro de la construcción de una teoría, [...] considero que son igual de válidas	apropiación de discursos
I1	experimentación sensible es importante hasta cierto punto, [...] la experiencia sensible es importante, (CA1) pero creo que tiene un límite, porque ya digamos que las sensaciones no son compartidas.	apropiación de discursos construcciones situacionales y temporales para articular y justificar ideas, y que se ubican y evalúan en un contextos particular
I3	creo que esa experimentación mental también está basada en nuestra experiencia sensible	aceptar o refutar enunciados
I2	de Ferreirós y Ordóñez (CA8), ellos exponen que no siempre lo más inmediato para nosotros, lo que podemos sentir, es como suficiente para comprender o construir conocimientos científicos, [...], el proceso de calentar una barra y ver cómo se calienta esa barra	uso de modelos y conceptos teóricos para soportar las conclusiones construcciones situacionales y temporales para articular y justificar ideas, y que se ubican y evalúan en un contextos particular
I4	conuerdo pues con las opiniones, teniendo en cuenta que la experiencia sensible es bastante importante, sin embargo hay digamos fenómenos que no podemos percibir por medio de los sentidos y pues para esto se han utilizado diversos aparatos o bueno diversas invenciones para poder descubrir digamos y sus efectos de estos fenómenos y pues eso nos ha ayudado a construir teoría	evalúan presupuestos con base en datos de diferentes fuentes
I1	a mí me surgió una duda, [...] que hay unos instrumentos que se crean, que por nuestras capacidades no somos capaz de ser sensibles a ciertos eventos, pero creamos instrumentos que son sensibles a ellos, ¿eso haría parte de experimentos sensibles?	construcciones situacionales y temporales para articular y justificar ideas, y que se ubican y evalúan en un contextos particular
I4	yo diría que sí, [...], por ejemplo, alguna vez en electro, construimos	aceptar o refutar enunciados construcciones situacionales y temporales para articular y justificar ideas, y que se ubican y evalúan en un contextos particular
I3	creo que es como si fuera una extensión de nuestra experiencia sensible, [...], pero entonces es como que creamos algo que nos ayuda a percibirlo	aceptar o refutar enunciados construcciones situacionales y temporales para articular y justificar ideas, y que se ubican y evalúan en un contextos particular
I2	creo que IS va dando respuesta	aceptar o refutar enunciados
I3	considero que la experimentación es una formalización de esa experiencia sensible [...] yo la estoy organizando, la estoy creando, estoy interactuando	apropiación de discursos