



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**La controversia entre las visiones de mundo  
ptolemaica y galileana: una manera de articular la  
formación en ciencias y la formación ciudadana por  
medio de reflexiones metacientíficas**

Autor

Natalia Muñoz Candamil

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Medellín, Colombia

2020



**La controversia entre las visiones de mundo ptolemaica y galileana: una manera de articular la formación en ciencias y la formación ciudadana por medio de reflexiones metacientíficas**

Natalia Muñoz Candamil

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:

**Magister en Educación en Ciencias Naturales**

Asesor

Ángel Enrique Romero Chacón

PhD. En Epistemología e Historia de las Ciencias y las Técnicas

Línea de Investigación:

Relaciones entre Historia, Epistemología y Enseñanza de las Ciencias

Grupo de Investigación:

Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Medellín, Colombia

2020

*“La perfección es una pulida colección de errores”*  
*Mario Benedetti*

## AGRADECIMIENTOS

*En estas líneas quiero agradecer a todas aquellas personas y entidades que me apoyaron y colaboraron a lo largo del desarrollo de este trabajo.*

*En primer lugar, quiero agradecer al profesor Ángel Enrique Romero Chacón quien en calidad de asesor me oriento de manera eficaz y efectiva para llevar a feliz término este trabajo, gracias por su paciencia, por sus valiosos aportes y por los espacios dedicados en la construcción y ejecución de cada uno de los momentos de la investigación, gracias por permitirme descubrir en este camino de formación una postura frente a la actividad científica tomando como referentes las reflexiones metacientíficas y gracias por hacer que reflexione sobre mis prácticas de enseñanza en pro de formar mejores ciudadanos durante mis clases.*

*Agradezco al profesor Yirsén Aguilar Mosquera por el apoyo incondicional, por las palabras de aliento y por sus recomendaciones en el seminario de investigación, las cuales fueron muy importantes para consolidación de la propuesta pedagógica de investigación.*

*A la Facultad de educación de la universidad de Antioquia y sus colaboradores por el respaldo en las gestiones requeridas en este proceso.*

*Agradezco al Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia por Financiar el proyecto de investigación Hacia un Enfoque socio-cultural de la enseñanza de las ciencias. Contribuciones de la formación científica a la cultura de la paz (Paz-ciencias) en el cual se encuentra vinculado este proyecto de investigación.*

*Gracias a cada uno de los profesores que hicieron parte del proceso formativo durante la maestría, sin sus enseñanzas no habría sido posible el afianzamiento de este trabajo.*

*A los integrantes del grupo de investigación “Estudios culturales sobre las ciencias y su Enseñanza” (ECCE) por contribuir de manera positiva en los avances de la investigación durante los encuentros.*

*A mis compañeros de la línea de Investigación Carlos Andrés Mazo y Mónica Andrea Hoyos, por sus comentarios acertados durante los seminarios y los espacios académicos compartidos y por las bellas palabras de apoyo durante estos dos años de formación.*

*A los estudiantes de la licenciatura en Matemáticas y Física de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia por ser protagonistas de la investigación, por sus aportes, interés, entusiasmo, respeto y dedicación en el desarrollo de la misma.*

*A las profesoras de la Facultad de Educación Paula Andrea Amelines y Diana Rodríguez, por brindarme el espacio en el curso “Epistemología e Historia de la Física y la Matemática II” para el implementar la propuesta pedagógica de investigación.*

*A mi familia: madre, hermanos y cuñados, por su apoyo incondicional durante este proceso, por creer en mí y darme la fortaleza mental de seguir adelante con mi formación académica.*

*Por último y más importante, quiero agradecer a mi hija Manuela por cada una de las palabras de aliento, por su tiempo y comprensión, por cada uno de los momentos en los que me inspiraste para ser mejor y construir mejores oportunidades.*

## TABLA DE CONTENIDO

1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del Problema y Justificación .....	2
1.3 Objetivos .....	8
1.3.1 Objetivo General .....	8
1.3.2 Objetivos Específicos.....	8
2. MARCO CONCEPTUAL .....	9
4.1 Perspectivas y enfoques de la enseñanza de las ciencias que favorecen una formación ciudadana. ....	9
4.2 Explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural. Una forma de favorecer la convivencia a partir de las diferencias .....	11
4.2.1 Carácter controversial de las explicaciones científicas como fundamento para el reconocimiento del otro. ....	12
4.2.2 Flexibilidad intelectual como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales .....	19
4.3 La experimentación como escenario de construcción social de explicaciones científicas: una forma de pluralismo y transformación social .....	25
4.3.1 Experiencias físicas como fundamento para movilizar consensos.....	26
4.3.2 El carácter discursivo del instrumento como medio para fortalecer o cambiar convicciones y pensamientos .....	30
3. MARCO METODOLÓGICO .....	37
5.1 Paradigma, enfoque y tipo de estudio.....	37
5.2 Contexto y Participantes .....	38
5.3 Propuesta de intervención y registro de la información .....	39
5.4 Sistematización y análisis de la información .....	44
5.4.1 Selección de las unidades de análisis. ....	45
3.4.2 Análisis e interpretación de la información. ....	52
3.4.3 Triangulación de la información.....	52
4. HALLAZGOS.....	55
6.1. Explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural. Una forma de favorecer la convivencia a partir de las diferencias. ....	56
6.1.1 Carácter controversial de las visiones de mundo ptolemaica y copernicana como fundamento para el reconocimiento del otro .....	56

6.1.2 Flexibilidad intelectual como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales .....	61
<b>6.2. La experimentación como escenario de construcción social de explicaciones científicas: una forma de Pluralismo y Transformación social.....</b>	<b>66</b>
6.2.1. Observaciones y demostraciones físicas acerca del movimiento y reposo de la Tierra como fundamento para movilizar consensos .....	67
6.2.2. Carácter discursivo de la Esfera Armilar y el péndulo de Foucault como medio para fortalecer o cambiar convicciones .....	72
<b>6.3. Niveles de la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana .....</b>	<b>78</b>
<b>5. CONSIDERACIONES FINALES .....</b>	<b>90</b>
<b>7.1 Conclusiones del trabajo y aportes de la propuesta .....</b>	<b>90</b>
<b>7.2 ¿Qué me queda como maestra de Ciencias? .....</b>	<b>94</b>
<b>7.3 Recomendaciones .....</b>	<b>95</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>97</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>105</b>
<b>9.1 Anexo 1: Propuesta pedagógica .....</b>	<b>105</b>
<b>9.2 Anexo 2: Protocolo Ético .....</b>	<b>108</b>
<b>9.3 Anexo 3: certificados Participantes .....</b>	<b>111</b>
<b>9.4 Anexo 4: Certificados ponencias .....</b>	<b>112</b>
<b>9.5 Anexo 5: Artículos publicados .....</b>	<b>115</b>
<b>9.6 Anexo 6: Matriz unidades de unidades de análisis .....</b>	<b>117</b>
<b>9.7 Anexo 7: Registro Fotográfico .....</b>	<b>126</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Estructura del diseño de la implementación.....	40
<b>Tabla 2:</b> Descripción de los talleres de la propuesta.....	43
<b>Tabla 3:</b> Relación de las categorías de análisis con los indicios.....	47
<b>Tabla 4:</b> Ejemplo de unidades de análisis en correspondencia con los indicios.....	48
<b>Tabla 5:</b> Rúbrica de los niveles de la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana.....	51

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Línea de tiempo de la implementación de la propuesta pedagógica.....	42
<b>Figura 2:</b> Red sistémica para la organización de la información.....	46
<b>Figura 3:</b> Triangulación de la información entre categorías, métodos e instrumentos.....	54
<b>Figura 4:</b> Resultados de los niveles de la relación.....	80

## LISTA DE IMÁGENES

<b>Imagen 1:</b> Modelo del sistema Geocéntrico.....	15
<b>Imagen 2:</b> Modelo sistema Heliocéntrico de Copérnico .....	16
<b>Imagen 3:</b> Los tres personajes del Diálogo de Galileo .....	22
<b>Imagen 4:</b> Experiencia física del cuerpo cayendo.....	23
<b>Imagen 5:</b> Esfera armilar.....	33
<b>Imagen 6:</b> Péndulo de Foucault oscilando.....	35
<b>Imagen 7:</b> Trayectoria aparente de la masa del péndulo.....	35
<b>Imagen 8:</b> Participantes discutiendo alrededor de la esfera armilar.....	74
<b>Imagen 9:</b> Participantes discutiendo alrededor del péndulo de Foucault.....	76



## Resumen

Las políticas educativas en Colombia han otorgado gran relevancia en mejorar los procesos formativos en las Instituciones Educativas. En particular en el área de Ciencias Naturales, han surgido un sinnúmero de proyectos educativos orientados desde las prácticas de enseñanza con el propósito de favorecer en los estudiantes la adquisición de habilidades científicas necesarias para proyectar en la sociedad; puesto que dicha sociedad no sólo requiere sujetos con conocimientos específicos, también demanda sujetos con habilidades sociales que les permitan convivir adecuadamente en el seno de una comunidad. No obstante, pese a todas las regulaciones y contribuciones de las políticas educativas, los procesos de enseñanza continúan siendo impartidos de un modo dogmático y ajeno a la realidad social, en los que se vislumbra que la formación ciudadana en la clase de ciencias no es importante de ser tratada. Dicha situación podría ser ocasionada por la mirada tradicional de la actividad científica la cual se ha arraigado culturalmente. Como supuesto de investigación en este proyecto se considera que esta manera de asumir la actividad científica ocasiona la falta de formación de sujetos políticos que contribuyan a la transformación social. De acuerdo a lo anterior, vale la pena preguntarse entonces ¿Cuál es el aporte de la educación en ciencias que favorezca los procesos de reconciliación y respeto por la diferencia? ¿Qué perspectivas y enfoques de la enseñanza de las ciencias son los adecuados y pertinentes para favorecer una formación ciudadana? Esta investigación asume que, una enseñanza de las ciencias contextualizada en reflexiones metacientíficas puede favorecer la articulación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana.

En atención a lo anterior, se expone una propuesta pedagógica dirigida a profesores, cuyo propósito es vincular algunas reflexiones metacientíficas en los procesos de enseñanza como una manera de articular la formación en ciencias y la formación ciudadana a la luz del uso de controversias históricas. Se proponen una serie de actividades tomando como referentes teóricos fragmentos de primera fuente que abordan episodios de controversias históricas de la astronomía. En particular, se retoma la controversia protagonizada por Galileo Galilei en el siglo XVII acerca del movimiento de la Tierra. En primer lugar, se muestra un análisis sobre las explicaciones científicas como discursos para favorecer la convivencia. Posteriormente, se presenta el carácter discursivo de la experimentación como una forma de pluralismo y transformación social.

Para el análisis de la información se toman los discursos de un grupo de profesores en formación de la Licenciatura en Matemáticas y Física de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. De acuerdo al análisis de contenido de la información obtenida, se presentan los hallazgos a través de fundamentos teóricos, donde se pone de manifiesto el carácter socio-cultural de la actividad científica y simultáneamente se pone en práctica el ejercicio de la convivencia y la pluralidad en la clase de ciencias. Así mismo, se analiza el aporte de la propuesta pedagógica a través de los discursos de los participantes por medio de una rubrica que establece tres niveles de asimilación de la relación entre la formación en ciencias y formación ciudadana.

**Palabras claves:** Reflexiones metacientíficas, Formación en ciencias, Formación ciudadana Controversias históricas, Sistema ptolemaico y copernicano

## Abstract

Educational policies in Colombia have given great relevance in improving the teaching processes in Educational Institutions. In particular in the area of Natural Sciences, countless educational projects have emerged oriented from teaching practices, with the purpose of favoring in students the acquisition of scientific skills necessary to project in society. Since, society not only requires subjects with specific knowledge, it also demands subjects with social skills that allow them to live properly within a community. However, despite all the regulations and contributions of educational policies, the teaching processes continue to be taught in a dogmatic and foreign way to social reality, in which it is envisioned that citizen education in science class is not important to be treated. This situation could be caused by the traditionalist gaze of scientific activity which has been culturally rooted. As research assumption in this project, it is considered that this way of assuming scientific activity causes the lack of training of political subjects that contribute to social transformation. According to the above, it is worth asking then, what is the contribution of science education that favors the processes of reconciliation and respect for difference? What perspectives and focusing to science education are adequate and relevant to promote citizen education? This research assumes that a science teaching contextualized in meta-scientific reflections can favor the articulation between science training and citizen training.

In view of the above, a pedagogical proposal directed to professors is exposed, whose purpose is to link some meta-scientific reflections in teaching processes as a way of articulating science education and citizen training in light of the use of historical controversies. A series of activities are proposed taking as theoretical references fragments of first source that address episodes of historical controversies of astronomy. In particular, the controversy starring Galileo Galilei in the seventeenth century about the movement of the Earth is resumed. Firstly, an analysis of the scientific explanations as discourses to favor coexistence is shown. Subsequently, the discursive nature of experimentation is presented as a form of pluralism and social transformation.

For the analysis of the information the speeches of a group of teachers in formation of the Degree in Mathematics and Physics of the Facultad de Educación of the Universidad de Antioquia are taken. According to the content analysis of the information obtained, the findings are presented through theoretical foundations, where the socio-cultural nature of the scientific activity is revealed and simultaneously the exercise of coexistence and plurality are put into practice in science class. Likewise, the contribution of the pedagogical proposal is analyzed through the speeches of the participants through a rubric that establishes three levels of assimilation of the relationship between science education and citizen training.

**Keywords:** Meta-scientific reflections, Science training, Citizen training Historical controversies, Ptolemaic and Copernican systems

# 1. Contextualización

## 1.1 Introducción.

Este trabajo de investigación presenta los fundamentos teóricos y metodológicos de una propuesta pedagógica, dirigida a profesores en formación de ciencias, y surgida en el marco de la Maestría en Educación en Ciencias Naturales de la Universidad de Antioquia (Medellín - Colombia). Esta propuesta se inscribe en los trabajos del grupo de investigación “Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza” (ECCE), y basa su estudio en las posibles relaciones entre la formación en ciencias y la formación ciudadana, asumiendo como eje articulador algunas reflexiones metacientíficas. Se ha tomado como caso particular el análisis histórico y epistemológico de la controversia entre el sistema ptolemaico y copernicano acerca del movimiento de la Tierra, y su análisis y desarrollo busca contribuir en la cualificación de profesores en formación de la facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.

El trabajo se despliega a lo largo de cinco capítulos. En el primer capítulo se pone de manifiesto una contextualización del desarrollo de la investigación, además se presentan argumentos donde se ponen en evidencia situaciones problemáticas en las que surgen la imperiosa necesidad de abordar acciones ciudadanas en las clases de ciencias como una manera de favorecer la convivencia y el pluralismo a través de reflexiones metacientíficas. Por último, se plantean los interrogantes que orientan la propuesta pedagógica de investigación y los objetivos que determinan la realización de la misma.

En segundo lugar, se presentan las consideraciones de orden teórico surgidas como resultado de realizar una revisión bibliográfica de varias bases de datos. Dichas consideraciones teóricas se presentan en términos de categorías por medio de las cuales se relacionan ciertas reflexiones metacientíficas con algunos elementos de la formación ciudadana. Tales categorías son: las explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural: una forma de favorecer la convivencia a partir de las diferencias y La experimentación como escenario de construcción social de explicaciones científicas: una forma de pluralismo y transformación social.

En tercer lugar, se presentan consideraciones de orden metodológico donde se fundamenta y se pone en escena la manera como se desarrolló la propuesta de investigación. En este capítulo se explicita el paradigma, enfoque y el tipo de investigación, el contexto y los participantes con quienes se desarrolló; así como la propuesta de intervención diseñada e implementada, registro y sistematización de la información y el análisis de la información. Posteriormente, se presenta la interpretación y análisis de los discursos proporcionados por los participantes, a propósito de la implementación de la propuesta pedagógica diseñada sobre la articulación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana por medio de reflexiones metacientíficas. En este capítulo se muestra la triangulación de la información suministrada por los participantes con las categorías de análisis, los instrumentos de implementación y el marco teórico. Finalmente, se develan algunas conclusiones y recomendaciones surgidas del trabajo de investigación.

## **1.2 Planteamiento del Problema y Justificación**

El actual contexto de post-conflicto que vive el país se configura una oportunidad histórica para dinamizar la reflexión de la educación en ciencias, en particular en el contexto de formación de profesores. Teniendo en cuenta que contribuir tanto a la formación de una actitud de participación y toma responsable de decisiones frente a diversas situaciones que inquietan el entorno, como a la generación de espacios de reflexión desde una mirada humanista que consolide una cultura para la paz, ha de ser propósito y deber de todo el sector educativo en su conjunto, surgen preguntas como: ¿Cuál es el aporte de la educación en ciencias a la formación de una comunidad democrática que favorezca los procesos de reconciliación y respeto por la diferencia? ¿Qué perspectivas y enfoques de la enseñanza de las ciencias son los adecuados y pertinentes para favorecer una formación ciudadana?

En este sentido, una educación en ciencias contextualizada se configura hoy en un reto ineludible. No sólo porque es necesaria para que, a través suyo, la sociedad colombiana se ponga a tono con las perspectivas del mundo contemporáneo, sino también porque se constituye en una necesidad inseparable de la formación del hombre como sujeto social, político, respetuoso de las diferencias, sensible al cuidado de la naturaleza y abierto al pluralismo.

A pesar de la importancia de este desafío, en nuestro contexto la articulación entre formación en ciencias y la formación ciudadana no se ha visto reflejada en las prácticas pedagógicas de las instituciones educativas. El Ministerio de Educación Nacional (MEN) ha planteado las competencias de las diferentes áreas del conocimiento y de formación ciudadana. Particularmente, en el área de ciencias naturales el MEN estipula que los estudiantes “desarrollen las habilidades científicas y las actitudes requeridas para explorar hechos y fenómenos; analizar problemas; observar y obtener información; definir, utilizar y evaluar diferentes métodos de análisis, compartir los resultados, formular hipótesis y proponer las soluciones” (MEN, 2001, P. 96).

De igual modo, en el caso del área de ciencias sociales el MEN establece que se deben brindar herramientas metodológicas cuyo objeto de estudio sea la sociedad, centradas en un carácter histórico y cultural, entendiendo que la sociedad es un colectivo humano ligado con la acción ciudadana (MEN, 2001). Así mismo, se constituyen las competencias ciudadanas que representan las habilidades y conocimientos necesarios para generar una convivencia pacífica, construir procesos de participación democrática y valorar y respetar el pluralismo, donde se pretende formar no sólo el pensamiento de las personas sino también la moral ( MEN, 2004). Además el MEN establece la Ley 1732 la cual propone que la educación debe generar, fortalecer y consolidar un “espacio para el aprendizaje, la reflexión y el diálogo sobre la cultura de la paz y el desarrollo sostenible que contribuya al bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población”(Congreso de la República de Colombia, 2014, p.1).

No obstante, a pesar de estos lineamientos y regulaciones de las políticas educativas, usualmente la formación ciudadana en los contextos de educación básica y media se limita a ser tratada por medio de algunos contenidos en las cátedras de Constitución Política y Educación de Ética y Valores, que si bien son relevantes en los procesos de formación, no son suficientes en el accionar del ser humano (Chaux, Lleras y Velásquez, 2004). En este sentido, estos autores señalan que “la forma como se trabaja la formación ciudadana en muchas instituciones educativas, tienen diversas limitaciones que pueden hacer que esta formación no tenga mucho impacto en la vida de los estudiantes o en el peor de los casos que tenga un impacto negativo” (p. 15).

Así mismo, se aprecia un débil desarrollo en la formación científica. Como lo señalan algunos investigadores en el campo de la educación en ciencias, las prácticas educativas de esta área del conocimiento están determinadas por los arraigos de una sociedad que se empeña cada vez más en continuar con una enseñanza tradicional, pues los profesores, sin darse cuenta, continúan enseñando de una forma enciclopedista. En este tipo de enseñanza tradicional se asume que la función del profesor es proporcionar un saber acabado a los estudiantes, llenar contenidos, solucionar y memorizar fórmulas, o simplemente tener un artificial control en aspectos relacionados con dificultades de comportamiento y disciplina, sin que los estudiantes tengan la posibilidad de realizar análisis, generar hipótesis de algún fenómeno, debatir un hecho científico, cuestionarse y cuestionar su entorno social y cultural y reflexionar sobre sus actos (Sanchez, Gil y Martínez, 1987); (Ordóñez y Ordóñez, 2004). Es decir, los profesores se encuentran enseñando de la misma forma como se ha hecho siempre y hoy se sabe que dichos factores ha significado un obstáculo en el aprendizaje de las ciencias (Campanario y Moya, 1999); (Sanchez, Gil y Martínez, 1987).

Como supuesto de investigación se considera que esta ausencia de relaciones entre la formación en ciencias y la formación ciudadana, puede estar siendo ocasionada por un modo dogmático y ajeno a la realidad social de significar la ciencia. Según esta perspectiva, los procesos, actitudes y valores científicos no son importantes de ser enseñados ya que lo que se debe enseñar son sus productos (conceptos, leyes y teorías), en el sentido de que hay una apuesta clara en la transmisión de contenidos explicativos. Esto se traduce en la formación de ciudadanos intolerantes, autoritarios, inflexibles y conservadores, con resistencia al cambio para mantener intacta la ilusión de certeza (Moreira, 2005).

De acuerdo con estos planteamientos resulta conveniente preguntarse ¿cuál perspectiva o imagen de ciencia es la más apropiada para favorecer la relación entre formación ciudadana y formación en ciencias? En este orden de consideraciones, adquiere gran pertinencia adelantar propuestas de enseñanza de las ciencias, dirigidas a la formación de profesores, que contribuyan a la construcción de una visión crítica de su conocimiento disciplinar que les permita comprender la naturaleza histórica y social de la actividad científica, y que simultánea y complementariamente visibilicen y pongan en práctica el ejercicio de la autonomía, la deliberación, la convivencia y la

tolerancia. La elaboración de esta relación, configurada como problemática, es precisamente el propósito general de esta investigación.

Como una alternativa para contribuir a resolver esta problemática se asume como fundamento en esta investigación una enseñanza de las ciencias contextualizada en reflexiones metacientíficas. Se considera que este enfoque contribuye al desarrollo de habilidades comunicativas, permite construir, consolidar interés y movilizar consensos que vayan en pro del bienestar de la sociedad; propende por una construcción social de pensamientos potenciando los valores propios de la comunidad científica; favorece la formación ciudadana fomentando el espíritu crítico y reflexivo, con la toma de decisiones responsables frente a problemáticas emergentes de la sociedad; proporciona una mejor comprensión de los contenidos disciplinares apoyando de manera efectiva los procesos de enseñanza (Romero et al., 2013) y (Gil y Vilches, 2004). Como lo han resaltado algunos investigadores en la educación en ciencias, las prácticas pedagógicas de enseñanza de ciencias en las instituciones educativas deberían apuntar a que los estudiantes aprendan algo sobre la naturaleza de las ciencias, así como de la ciencia misma, lo que conlleva a tener una mirada de ciencia más dialógica, crítica y argumentativa, facilitando una visión histórica y social del conocimiento científico (Matthews, 1994).

Lo dicho hasta acá supone que en la formación de profesores de ciencias las reflexiones metacientíficas desempeñan un papel fundamental, puesto que permiten orientar sus prácticas, dado que se considera que la forma de enseñar ciencias no sólo está determinada por los propósitos del currículo, por los compromisos y responsabilidades de los profesores y por la idea que se tiene de aprendizaje, sino que también está determinada de forma importante por las mismas concepciones de ciencia que se tienen (Gallego y Pérez, 2002) (Ayala, 2006). De acuerdo con lo anterior, no es suficiente que los maestros manejen su saber disciplinar específico, es necesario que adquieran la capacidad de insertarlo en la sociedad y en la cultura. Por tanto, es necesario suscitar acciones formativas que ayuden a los profesores de ciencias alcanzar una comprensión básica de aspectos relacionados con reflexiones metacientíficas y estrategias de enseñanza para implementarlas en las clases de ciencias (Acevedo, García y Aragón, 2017).

En este contexto problemático, el uso de un enfoque histórico en la enseñanza de las ciencias adquiere gran pertinencia, puesto que permite la contextualización de los fenómenos científicos, cuestiona la manera en que los científicos abordan sus investigaciones incluyendo sus limitaciones, las cuales son consecuencia del carácter humano de la propia actividad científica (Acevedo, García y Aragón, 2016). Ahora bien, una manera de utilizar el enfoque histórico en la enseñanza de las ciencias es con el estudio de controversias históricas, lo cual resulta también beneficioso porque potencia la participación reflexiva de los estudiantes para aprender sobre las ciencias. En particular, el uso de controversias científicas en la enseñanza de las ciencias de la astronomía adquiere gran relevancia puesto que se constituye como una herramienta de grandeza social, mediante la cual la capacidad de comprensión de la naturaleza y la humanidad permite – desde las prácticas transformadoras– la reflexión del individuo en torno a su posición en el mundo y a su capacidad de tomar decisiones frente asuntos de su contexto (Piedrahita y Gómez, 2014).

Las discusiones mediante controversias históricas de la astronomía, permite entender problemáticas que han estado presente en la vida e historia del hombre tales como “¿cómo empezó el universo? ¿Cómo terminaría todo? ¿De dónde proviene el sistema solar? ¿Cómo se originó la vida?” (Solbes y Palomar, 2013, p.2) ¿Qué hechos desataron el conflicto histórico entre los sistemas de Copérnico y Ptolomeo? ¿Cómo podría el modelo copernicano probar que la tierra se mueve cuando la observación intuitiva indica que esta inmóvil? ¿Qué elementos pueden legitimar la construcción del conocimiento científico? (Stengers, 1989).

En este sentido, el uso de las controversias en las prácticas de enseñanza cobra vital importancia puesto que fortalece las relaciones existentes entre el conocimiento científico y factores contextuales (Acevedo, García, y Aragón, 2016a); posibilita el aumento de la curiosidad, el deseo de saber y una actitud investigativa de estudiantes y maestros, fomentando su participación en clase, enriqueciendo la mirada acerca de la ciencia y el valor de su enseñanza (Castañeda, 2014). Así mismo, privilegia la argumentación científica con la búsqueda y uso de pruebas de los diversos enunciados y modelos que emergen de la observación (Galperin, 2011); (Solbes y Palomar, 2013).





A pesar de estas consideraciones, los currículos en las instituciones educativas en Colombia continúan centrando su atención en contenidos y dejan al olvido el comprender cómo funciona la ciencia, cuál es el trabajo de los científicos, cuáles son los valores insertos en las comunidades científicas, y por supuesto se desconoce cuál ha sido la influencia de otros factores de la sociedad en la construcción del conocimiento científico (Acevedo, García y Aragón, 2016a). Por consiguiente, los procesos de enseñanza en particular de la astronomía, son llevados como un cúmulo de contenidos presentes los libros de texto, evidenciándose, además, la falta de transversalidad con las demás áreas del conocimiento desconociendo la interacción que tiene lugar entre el conocimiento científico y la formación ciudadana.


A partir de los planteamientos anteriores, se propone la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera el uso de reflexiones metacientíficas puede favorecer la articulación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana en profesores de ciencias naturales?

Las siguientes son preguntas auxiliares de la investigación:

 ¿Cómo fortalecer y dinamizar las relaciones que los profesores en formación de ciencias naturales establecen entre la formación científica y la formación ciudadana?

 ¿Cuáles son los aportes de una concepción de ciencia fundamentada en reflexiones metacientíficas a la formación de conocimiento científico y la formación ciudadana?


 ¿Cómo contribuye una propuesta de enseñanza de controversias históricas a la cualificación de la relación entre la formación científica y ciudadana por parte de profesores de ciencias naturales?


## 1.3 Objetivos


### *1.3.1 Objetivo General*

Comprender la relación entre la formación en ciencias y formación ciudadana en la formación de profesores de ciencias, mediante el uso de reflexiones metacientíficas.

### *1.3.2 Objetivos Específicos*

 Determinar las contribuciones que pueda tener una concepción de ciencia fundamentada en reflexiones metacientíficas a la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana.

 Examinar los discursos de profesores en formación alrededor de la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana, a la luz de una propuesta pedagógica orientada en el estudio de la controversia histórica acerca del movimiento de la Tierra.

 Describir los aportes de una propuesta de enseñanza a la cualificación de la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana, a partir del uso de controversias históricas de la astronomía.

## 2. Marco Conceptual

### 4.1 Perspectivas y enfoques de la enseñanza de las ciencias que favorecen una formación ciudadana.

En el ámbito de la educación en ciencias, poco se ha pensado en la manera de formar en ciudadanía desde las clases de ciencias. Aunque las competencias ciudadanas se consideran como un eje importante en la formación de estudiantes y dentro de las regulaciones políticas existen propuestas para trabajar dichas competencias de manera transversal con otras áreas del conocimiento, generalmente en el ámbito educativo se presentan de forma distante a estos saberes específicos, la formación en ciencias no se encuentra exenta de este escenario. En este sentido, en la última década han surgido propuestas de autores como Acevedo (2004), Gil y Vilches (2004) y Hodson (2003) las cuales postulan las finalidades de la enseñanza de las ciencias en aras a contribuir con el desarrollo de una formación ciudadana, con sujetos capaces de tomar decisiones en asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología, es decir, una educación científica para la acción social. Estas propuestas no sólo potencian el desarrollo de conocimientos científicos y el incremento del interés por el aprendizaje de las ciencias, sino que contribuyen a la formación de ciudadanos con los requerimientos básicos para enfrentar las constantes evoluciones en las que se encuentra la sociedad actual.

Por otra parte, es preciso resaltar el importante rol que tienen los profesores de ciencias al momento de asumir una postura crítica respecto al conocimiento científico en las clases de ciencias, que les permita una adecuada toma de decisiones frente a los procesos de enseñanza que orientan. Lo anterior se debe a que, es mediante estos procesos donde se pueden propiciar cambios y dar significado a la ciencia (Romero, Aguilar, y Mejía, 2017) y (Díaz y Crujeiras, 2016). Estas consideraciones contribuyen a fundamentar la necesidad de estructurar propuestas de enseñanza de las ciencias contextualizadas con reflexiones metacientíficas, entendiendo estas como los aportes y análisis sobre la dinámica científica surgidos de la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias. En este sentido, la enseñanza de las ciencias se puede posicionar como una alternativa promisoriosa para fortalecer y promover la articulación que privilegia la formación científica y la

formación ciudadana para dotar de nuevos significados las prácticas pedagógicas.

La inclusión de las reflexiones metacientíficas en la clase de ciencias favorece la toma de posturas críticas ante el modo dogmático de asumir la actividad científica, en la medida en que posibilita conocer y discutir en torno a las dinámicas y perspectivas que dieron lugar a ciertos acontecimientos científicos en un momento determinado de la historia. Es precisamente esta imagen contextual y particular de la ciencia la que permite comprenderla como un sistema cultural ligado a intereses sociales, éticos, políticos y económicos; además, admite contemplar diversas formas y estilos de pensamientos en la construcción del conocimiento. Así mismo, bajo esta mirada, se puede entender la ciencia como una construcción humana donde emergen estrategias de convencimiento y movilización de consensos como formas de legitimar y validar el conocimiento científico; igualmente, se comprende que el conocimiento científico no es la única forma de ver el mundo y por tanto, puede discutible y debatible (Elkana, 1983), (Shapin, 1995) y (Romero *et al*, 2013).

Por otra parte, el uso de controversias históricas de la astronomía en la enseñanza de las ciencias encuentra un terreno fértil para abordar la perspectiva de la ciencia como sistema cultural, en la medida que el desarrollo histórico de la astronomía no sólo se ocupa de las observaciones y descubrimientos y demostraciones, sino que también, se encuentra enmarcado en formas de pensar, actuar y sentir en contextos socioculturales; desarrollos que cobraron sentido en cuanto a dichas controversias estuvieron ligadas a factores religiosos, estéticos, culturales, entre otros, aspecto por el cual se considera que la astronomía es un híbrido entre ciencias física y ciencias humanas (Rodas, 2011); (Elkana, 1983).

En este sentido, la enseñanza de la Astronomía es una actividad cultural en la medida que genera diálogos entre sistemas de conocimiento, expone ideas y pensamientos, permite proponer soluciones frente algunas problemáticas identificadas, puede explorar explicaciones y reflexiones que vayan más allá de observar objetos por medio de un instrumento óptico (Camino, Nardi, Pedreros, García, y Castiblanco, 2016). La Astronomía presenta múltiples formas en su enseñanza que abarcan la transmisión sucesiva de contenidos conceptuales, el manejo de aparatos y modelos,

observaciones, análisis de datos entre otros (Solbes y Palomar, 2013). A pesar de esta diversidad de enfoques, se ha asumido como pertinente en esta propuesta de investigación el uso de controversias de la Astronomía en el análisis de los modelos cosmológicos (ptolemaico y copernicano) como una manera de articular la formación en ciencias y la formación ciudadana a partir reflexiones metacientíficas. Este enfoque particular de la enseñanza de las de las ciencias, inspirado en la propuesta de Romero, Aguilar y Mejía (2017), permite de manera holística permear las diferentes formas de pensamiento que han surgido de dichas controversias desde una mirada humanista; así mismo, hace emerger los valores de una sociedad, admite pensar, actuar, consolidar intereses, movilizar consensos y tomar decisiones con miras al bien común (A. Romero et al., 2013) y (Gil y Vilches, 2004).

A continuación, se discutirán los ejes conceptuales que orientan la presente investigación. En primer lugar, se analizará *las Explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural. Una forma de favorecer la convivencia a partir de las diferencias*. En segundo lugar, se presenta la categoría asociada a *La experimentación como escenario de construcción social de explicaciones científicas: una forma de Pluralismo y Transformación social*. Cada uno de estos ejes se examina a la luz de la mirada de ciencia como constructo social.

#### **4.2 Explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural. Una forma de favorecer la convivencia a partir de las diferencias**

Las explicaciones de los fenómenos científicos a través de la historia han estado mediadas por los diferentes estilos y formas de pensamiento que permiten ver y comprender la realidad natural. Gómez (2006), citando a Naguel (2005), menciona el término de “explicaciones integradas”, haciendo alusión a la construcción social de las explicaciones; bajo esta perspectiva, las explicaciones individuales no son objeto de evaluación, sino que la construcción grupal de las explicaciones, acompañada de narrativas históricas; cobran vital importancia al momento de la comprensión de un fenómeno (Gómez, 2006).

Así mismo, autores como Eder y Aduriz-Bravo (2008), sugieren considerar el término

“explicar” desde un modelo epistemológico y con un enfoque semántico centrándose en los significados del conocimiento científico, significación que permite entender y comprender un fenómeno desde acciones lingüísticas. Desde esta perspectiva las estrategias comunicativas ayudan a consolidar una teoría científica. Sin embargo, explicar una teoría científica va más allá de sólo transmitir o enseñar un evento conceptual o una teoría; la forma de hacerlo y el cómo se trata al público y su relación con la sociedad, desempeñan un papel fundamental en la construcción y consolidación de dicha teoría (Daza, Arrieta y Muñoz, 2014).

Esta categoría centrará la atención en el carácter cuestionable de las explicaciones científicas surgidas de la controversia acerca del movimiento de la Tierra; las cuales dejan entrever que desde una perspectiva sociocultural y bajo acciones comunicativas se puede convivir al interior de una comunidad a partir de las diferencias.

#### *4.2.1 Carácter controversial de las explicaciones científicas como fundamento para el reconocimiento del otro.*

Usualmente se concibe la actividad científica como un conjunto de productos, acabados, inmutables, y sin errores; idea que ha trascendido en la cultura hasta el punto que se ha puesto la ciencia en un lugar de superioridad, donde sólo unos pocos pueden acceder a ella, sin entender, y, sobre todo, sin saber que la transformación y el desarrollo de las teorías científicas han tenido que relacionarse con los contextos socioculturales en el proceso de consolidación de las mismas (Matthews, 1994). Por otra parte, los científicos son percibidos como seres solitarios y perfectos cuyo conocimiento ha sido el producto de un proceso netamente individual enmarcado en un único estilo de pensamiento; en este sentido, para autores como Fleck (1986), cuando existe una construcción del conocimiento aislada de un colectivo de pensamiento, los sujetos no tendrán otro camino que introducir juicios de valor o dogmas de fe en las teorías de la actividad científica, lo cual, trae como consecuencia la idea de una ciencia completamente aislada y alejada de la actividad social y humana.

Como perspectiva alternativa, algunos autores postulan una mirada de la ciencia permeada por un enfoque histórico. Este enfoque, no sólo favorece entender cómo se transformó la ciencia a

lo largo del tiempo, sino que también permite evidenciar los factores socioculturales que hacen parte de ella (Acevedo, García y Aragón, 2016b). Así mismo, estos autores mencionan que una manera de utilizar el enfoque histórico de la actividad científica en los procesos de enseñanza es mediante el uso de controversias históricas, no en el sentido que atiende a disputas que propenden por un vencedor y un vencido con consecuencias nefastas, sino en el sentido en que se percibe la ciencia como actividad cultural, permeada por intereses que propician conflictos y debates durante la consolidación del conocimiento científico. Estas controversias permiten comprender que la ciencia contrario a lo que se piensa generalmente, no es perfecta y no es un todo acabado. Además, favorece la mirada humanista y social en el sentido que permiten explicitar las formas en la que los científicos tramitan sus diferencias y el rol que desempeña la comunidad científica (Acevedo, García y Aragón, 2016ab).

Son muchas las situaciones de la historia de la ciencia donde se ponen en evidencia el uso de controversias para construir el conocimiento científico. Tal es el caso de la controversia entre Pasteur y Pouchet frente a la generación espontánea de los organismos (Latour, 1991); la controversia entre Pasteur y Liebig sobre la fermentación (Acevedo y García, 2016); el episodio del catalejo de Galileo, y las relaciones entre ciencia y tecnología (Gómez, Carvalho y Sasseron, 2014); la controversia de Galileo y la iglesia católica frente al movimiento de la Tierra (Stengers, 1989), entre otras. En estos episodios no sólo está presente la historia de un científico, sino la historia de la actividad científica en general; allí se evidencian distintas formas de percibir un hecho científico, así como las maneras en que las comunidades científicas enfrentan estos conflictos. Y es que son precisamente las controversias las que ponen en evidencia el desarrollo de diversas estrategias para enfrentar los conflictos, estrategias que dependen de los contextos culturales e intereses, mediados por una mirada humanista donde deben primar actitudes de respeto, tolerancia y la participación activa con miras al bien común. (Gómez et al., 2014). En estas controversias, se evidencia cómo los científicos reconocen al otro como su adversario y la apuesta para lograr convencerlo de sus teorías sin generar violencia.

Es pertinente resaltar, en este contexto, que las formas de interrelación y convivencia parten de un principio propio de la naturaleza humana como el sentimiento: cuando me intereso por el otro se genera un sentimiento que puede ser de compasión, lástima, felicidad o simpatía; sin

embargo, el sentimiento más potente para convivir con el otro es asociado al respeto. Cuando se reconoce al otro con sus diferencias, no como un ser al que se puede dominar, ni subyugar bajo una imperante necesidad de poder para obtener beneficios o una reputación, sino como aquel ser con el que se puede construir un bien común, aprovechando esas diferencias, entonces se puede comprender lo que es la sana convivencia en el seno de una comunidad (Conill, 2008) y (Mockus, 2002).

Estas condiciones apelan por una sociedad democrática, asumida como una manera efectiva de vivir en comunidad, respetando las normas establecidas al interior de ella, desplegando acciones de paz, no corruptas y de sana convivencia, permitiendo exaltar la tolerancia por la diversidad, entendida como la capacidad de aceptar las diferentes opiniones que surgen a raíz de dimensiones culturales tales como: religiosas, filosóficas y políticas. En este sentido, el reconocer al otro con sus diferentes posturas se convierte en condiciones necesarias para favorecer una convivencia democrática, inclusiva y respetuosa; pues solamente con la compañía del otro, con el otro, es que puede hablar de la existencia de la humanidad (Magendzo, 2005), (Elizalde y Donoso, 1998) y (Mockus, 2002).

Con respecto a la mirada sociocultural de la ciencia desde el estudio de las controversias y la manera como se enfrentan, se abordará teóricamente uno de los episodios más polémicos de la historia de la ciencia, a saber: el de los modelos cosmológicos sobre los dos grandes sistemas que dieron lugar a una forma de ver y comprender del mundo como lo fueron el modelo de Ptolomeo, continuando las teorías Aristotélicas, y el modelo de Copérnico, defendido por Galileo Galilei (Stengers, 1989). Esta controversia presenta como protagonistas a Galileo y representantes de la Iglesia Católica en el siglo XVII, quienes exponen su manera de ver y pensar acerca del movimiento de la Tierra. Sin embargo, la controversia no sólo obedece al enfrentamiento de dos poderes “el de la tradición basada en la interpretación literal de las escrituras y el de los hechos” (Stengers, 1989, P.256), sino también a la forma en que se tramitó y se intentó disipar el conflicto. En esta época primaba el colectivo de pensamiento asociado a establecer como verdad el hecho que la Tierra era el centro del universo y que tanto el Sol como el resto de los planetas giraban alrededor de ella. Esta perspectiva, sostenida inicialmente por Aristóteles (S. IV a.C.), fue ampliada, desarrollada y defendida por Ptolomeo (S. II a.C.), y luego aceptada por la Iglesia



católica, como sustento a la vez de interpretación en las sagradas escrituras. Sin embargo, la proposición no se encuentra de forma literal en el libro sagrado (Silva, 2016).

Fue Ptolomeo quien construyó un modelo geocéntrico que fue admitido por los astrónomos durante más de 14 siglos. En la configuración de este sistema, la Tierra se encuentra en el centro inmóvil rodeada de siete esferas la cuales contenían tanto los planetas como el Sol y la Luna y la octava esfera, según Ptolomeo, es la esfera que contiene las estrellas fijas que rodean el firmamento. En la *imagen 1*, se muestra la configuración del modelo geocéntrico.

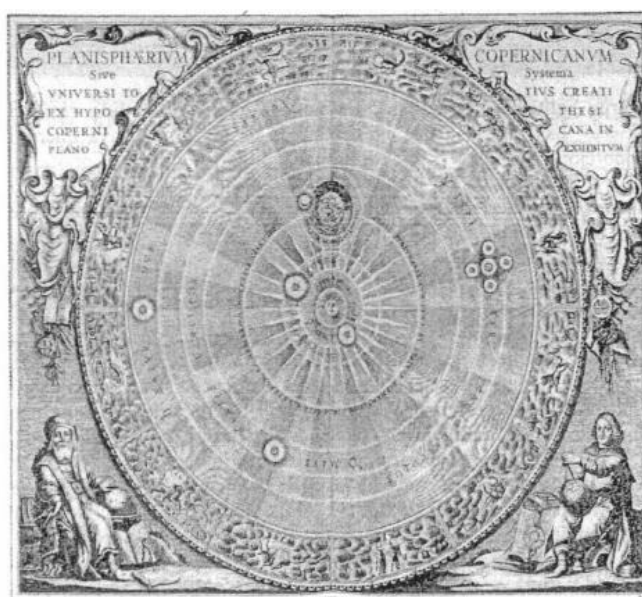


*Imagen 1: Modelo Sistema Geocéntrico. Fuente: (Stengers, 1989, p.3)*

La observación de los fenómenos a partir del modelo de la teoría geocéntrica, permitió consolidar dicha perspectiva del mundo permeado por los sentidos y el lenguaje común: desde los sentidos, basta con mirar al cielo para percibir el movimiento de las estrellas y todos los objetos celestes; igualmente, el lenguaje expresa el pensamiento, por tanto, se puede explicar y comprender los fenómenos desde lo que se vive diariamente. Dichas razones, fortalecen la Teoría de la inmovilidad de la Tierra (Lanciano, 1989).

Galileo Galilei (1564- 1642), un sabio italiano reconocido por sus textos en los cuales comunica la transformación del sistema del mundo como una nueva perspectiva para dejar atrás la tradición Aristotélica, convocó a sus oponentes a moverse en el terreno de los fenómenos, y no en

la de las posibles interpretaciones de los textos sagrados. Galileo, defensor de la teoría heliocéntrica de Nicolas Copérnico (1473- 1543), pensaba que el Sol se encontraba inmóvil en centro del universo, y que la Tierra, la Luna y los demás planetas giraban alrededor de él, así mismo, consideraba que el movimiento de las estrellas era sólo un movimiento aparente debido a la rotación de la Tierra (Stengers, 1989), la configuración de este sistema se presenta en la *imagen* 2. Ahora bien, Galileo no estaba en contra de la fe ni de las sagradas escrituras, sólo hacía un llamado a que las mismas no se interpretasen de forma literal, sino más bien de forma simbólica (Ramos, 2007).



*Imagen 2: Modelo Sistema Heliocéntrico de Copérnico. Fuente: (Stengers, 1989, p.3)*

En este escenario en torno a la defensa de las teorías copernicanas, y a raíz de los reiterados ataques por los que fue sometido, Galileo publica en 1615 una carta dirigida a la Señora Cristina de Lorena (1543- 1636), gran Duquesa de Toscana, donde presenta algunos argumentos en defensa del sistema copernicano, a la vez que muestra su descontento por los comentarios peyorativos que le hacen algunos seguidores de la doctrina eclesiástica. En particular, Galileo en esta carta apela a que no se le juzgue por sus observaciones y demostraciones dado que en ningún momento sus afirmaciones demeritan o pone en tela de juicio los postulados de las sagradas escrituras, e invita a sus oponentes a que reconozcan que sus observaciones y demostraciones son diferentes de las

teorías que expresa las sagradas escrituras.

En este sentido Galileo (1615) dice

[...] Yo reverencio a esas autoridades y les tengo sumo respeto; consideraría sumamente temerario contradecirlas; pero, al mismo tiempo, no creo que constituya un error hablar cuando se tienen razones para pensar que algunos, en su propio interés, tratan de utilizarlas en un sentido diferente de aquel en que los interpreta la Santa Iglesia. [...] Espero demostrar que yo procedo con un celo mucho más piadoso y más conforme a la religión que ellos cuando propongo, no que no se condene a ese libro, sino que no se le condene, como ellos quisieran, sin verlo, leerlo, ni comprenderlo. [...] Precisaría que se supiera reconocer que el autor jamás trata en él cuestiones que afecten a la religión o a la fe, y que no presenta argumentos que dependan de la autoridad de la Sagrada Escritura, que eventualmente podría haber interpretado mal, sino que se atiene siempre a conclusiones naturales, que atañen a los movimientos celestes, fundadas sobre demostraciones astronómicas y geométricas y que proceden de experiencias razonables y de minuciosísimas observaciones [...] (p.4)

[...] El motivo, pues, que ellos aducen para condenar la teoría de la movilidad de la Tierra y la estabilidad del Sol es el siguiente: que leyéndose en muchos párrafos de las Sagradas Escrituras que el Sol se mueve y la Tierra se encuentra inmóvil, y no pudiendo ellas jamás mentir o errar, de ahí se deduce que es errónea y condenable la afirmación de quién pretenda postular que el Sol sea inmóvil y la Tierra se mueva. Contra dicha opinión quisiera yo objetar que, es y ha sido santísimamente dicho, y establecido con toda prudencia, que en ningún caso las Sagradas Escrituras pueden estar equivocadas, siempre que sean bien interpretadas; no creo que nadie pueda negar que muchas veces el puro significado de las palabras se halla oculto y es muy diferente de su sonido [...] al discutir los problemas naturales, no se debería partir de la autoridad de los pasajes de la Escritura, sino de la experiencia de los sentidos y de las demostraciones necesarias. (p.4-5)

Los argumentos que presenta Galileo, ponen de manifiesto el concepto de imágenes de conocimiento. En palabras de Elkana (1983), este concepto reflexiona sobre las diversas perspectivas que tiene el hombre sobre la naturaleza y el medio cultural en el que se encuentra inmerso, “son perspectivas sobre el conocimiento socialmente determinadas” (p.9). Según este autor, las imágenes de conocimiento son las que determinan para cada cultura: las fuentes de conocimiento (la experiencia, la autoridad, la belleza, la racionalidad, la originalidad, la deducción, la revelación, entre otras), la legitimación y la escala de importancia de las mismas; como también, la relación con las normas, los valores y las ideologías; lo que conlleva a establecer que no existen dimensiones culturales que se limiten a tener una única fuente de conocimiento. La ciencia en particular, se encuentra sumergida en un entramado de diversas fuentes de conocimiento que conllevan a establecerla como un sistema cultural, el cual, integra todas las dimensiones insertas de la cultura. Las formas de vivir de todos los hombres y sus opiniones sobre la sociedad, se

encuentran determinadas por el medio social y cultural en el que se encuentran inserto; es en este sentido que el conocimiento se desarrolla gracias a un continuo diálogo crítico entre las visiones de mundo, integrando las imágenes del conocimiento y los valores o normas sociales de comportamiento (Elkana, 1983).

En concordancia con lo anterior, en los argumentos de Galileo, se contempla un esfuerzo de su parte para lograr que sus oponentes reconozcan la existencia de diferentes fuentes de conocimiento (Religión - observaciones y demostraciones), no susceptibles a comparaciones además, pone en evidencia la mirada razonable del comportamiento del hombre en la sociedad forjada desde el lenguaje como forma de pensamiento puesto que, se puede apreciar el interés de Galileo por reconocer a sus oponentes, pero no como sujetos a los que se les imprime una connotación de enemigos al que hay que intentar destruir; por el contrario, su reconocimiento lo hace desde la prudencia y respeto entendiendo los pensamientos diversos que ellos tienen. Su enfrentamiento por las calumnias de las cuales ha sido objeto, las realiza en el campo dialógico intentando conciliar con sus oponentes, haciendo un llamando a la buena interpretación de las sagradas escrituras, con relación al movimiento de la Tierra, dado que en ellas no hay afirmaciones que contradigan sus teorías, siempre y cuando no se hiciera una interpretación literal de ellas.

Galileo se muestra como un ser social y persuasivo, en el sentido que utiliza el carácter discursivo de los argumentos como mecanismo de hacer conscientes a los demás de la realidad que los rodea, pero no lo hace de una manera imperiosa, hace emerger de su discurso acciones de respeto por sus adversarios. En este sentido, se despliega un escenario de participación y reconocimiento a los pensamientos, opiniones y visiones del mundo del otro como una manera de transformar realidades arraigadas profundamente por una idiosincrasia, tal como es el caso de la perspectiva geocéntrica del universo. Como lo señala Gutiérrez (2009), estos escenarios de participación permiten reconocerse como sujetos políticos donde se pueda hablar, deliberar, comprender, conocer y asumir posiciones críticas frente a un hecho constituido para el bienestar de una comunidad, basados en principios sociales, valores, buenos modales y con sentido colectivo.

#### *4.2.2 Flexibilidad intelectual como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales*

Las diferencias han estado presentes en todos los momentos de la actividad humana a lo largo de la historia. Las diferencias en los comportamientos, en los sentimientos y en los pensamientos, determinan sin duda alguna, personalidades y tradiciones culturales, y es lo que hace que una comunidad sea heterogénea. No obstante, para transformarse como sociedad y satisfacer necesidades e intereses propios de la comunidad, es necesario afrontar retos y parte de esos retos es concebir cambios de pensamiento. Cambiar un pensamiento o ser flexible no sólo implica planear una estrategia que conlleve al cambio, sino que debe realizarse bajo unos principios de conducta que devalen armonía, respeto y buena comunicación (Gómez, Vargas, y Tamayo, 2016). Ahora bien, para Toulmin (2003), la flexibilidad de pensamientos no sólo admite cambiar una postura previamente establecida por otra, también es comprender que existen otras fuentes de conocimientos en la cultura y nuevas maneras de ver y entender el mundo. Bajo la perspectiva de este autor, la búsqueda de la objetividad o parcialidad de las Ciencias Naturales, no depende de la hegemonía y aceptación de un único punto de vista y alude al pensamiento razonable como la forma de poner en escena buenas razones para asimilar y aceptar otras maneras de reflexionar, es aprender a contrarrestar las propias parcialidades aceptando otros intereses y consideraciones intelectuales.

Las transformaciones científicas y sociales se adquieren con el avance del conocimiento y este a su vez transforma ineludiblemente realidades; esta transformación del conocimiento, se pone de manifiesto cuando hay un continuo desarrollo colectivo del estilo de pensamiento, desarrollo que genera un desplazamiento de concepciones establecidas con anterioridad, nuevas concepciones entran en juego para configurar un nuevo estilo de vida y una nueva manera de ver el mundo (Fleck, 1986). En este sentido, Kuhn (1980) afirma que la mayoría de los descubrimientos y teorías en las ciencias son respuesta a una ruptura a las reglas de juego previamente establecidas, hay un cambio de paradigma por una teoría que explica mejor lo que las otras no pudieron hacer. Sin embargo, un nuevo paradigma toma relevancia en la medida que es validado y legitimado por la comunidad y que responda a sus necesidades e intereses, un cambio de pensamiento no se logra al imponer las nuevas formas perspectivas apelando a verdades

absolutas y únicas, se trata de saber apreciar los cambios que contribuyan a un bien común (Khun, 1980); (Galeano, 2019).

Los cambios en la sociedad no sólo transforman la forma en que las personas perciben el mundo, también posibilitan emerger situaciones que determinan la manera en que las personas conviven y se relacionan entre sí (Santisteban, 2004). En este sentido, tener un pensamiento flexible no implica cambiar las formas de pensar por satisfacer al otro, es saber reconocer qué situación requiere un planteamiento nuevo, saber encontrar los medios adecuados para ejecutarlo sin aferrarse a él, es apreciar y comprender los puntos de vista del otro, analizarlos y buscar mecanismos pacíficos para solucionar las diferencias de tal manera que prevalezca la armonía y la paz; asimismo, es tener la capacidad de cambiar las vías de solución cuando éstas resulten inadecuadas.

Como se dijo anteriormente, las diferencias insertas en los conflictos, entendido estos como el enfrentamiento o la oposición entre dos perspectivas o puntos de vista, son una necesidad humana y están presentes en todas sus dinámicas sociales, surgen para satisfacer necesidades de libertad, protección, participación, subsistencia entre otros (Vargas, 2014). Cuando hay presencia de un conflicto, se puede percibir dos panoramas: hacerse al lado y dejar que otros lo solucionen, o intentar solucionarlo utilizando medios alternativos de solución de conflictos. En el primer caso, se accede por una perspectiva de rendición siendo más objeto y menos sujeto, sobreponiendo su individualismo antes que el bien público (Cortina, 2003) y (Elizalde y Donoso, 1998). En el segundo caso se requiere que las personas tengan la capacidad de dejar de lado ciertas presunciones radicales emergentes de una idea imperante de poder, y adquieran la capacidad de argumentar, de ser autónomos, de plantear propuestas que reflejen su identidad, sus derechos y responsabilidades privilegiando el diálogo, de tal manera que puedan participar activamente en la vida cotidiana, cívica y pública y en la toma de decisiones que involucren mejoras en las condiciones de vida (Beuchat, 2016).

En concordancia con la idea anterior, existen varias formas para dirimir los conflictos que subyacen de las dinámicas sociales, familiares, educativas, políticas, religiosas y económicas, entre

ellas la mediación<sup>1</sup>. Esta manera de solución de un conflicto privilegia la participación, la escucha; alejándose de ciertas presunciones forjadas de la cultura como la de vencedor o vencido, pone de manifiesto la forma consensuada de dirimir dicho conflicto entre las partes involucradas, utilizando como estrategia discursiva el diálogo, por medio del cual no solamente se tiene la oportunidad de expresar sentimientos, pensamientos, intereses y necesidades, sino que también permite escuchar a la otra parte para llegar a una solución pacífica del conflicto (Benitez, 2017) y (Elizalde y Donoso, 1998).

Galileo, se vio enfrentado a un conflicto científico con la doctrina eclesiástica por promulgar el movimiento de rotación de la Tierra como una manera diferente de ver el mundo. En ese conflicto cada una de las partes, tanto la iglesia como Galileo, intenta por uno u otro medio convencer a la parte opuesta de ceder frente a los argumentos expuestos. Después de que el cardenal Belarmino (1542-1621) le anunciara a Galileo la prohibición de promulgar abierta y públicamente la teoría de Copérnico, y como una alternativa para convencer a sus oponentes o llegar a movilizar consensos alrededor de sus observaciones y demostraciones, Galileo configura en 1632 una estrategia discursiva mediada por la escritura en forma de diálogo de un libro al que llamó “*Diálogos entre los grandes sistemas del mundo: Ptolemaico y Copernicano*” (Stengers, 1989).

En relación con las consideraciones anteriores, Galileo presenta en el Diálogo ciertas características de manera intencionada con el ánimo de lograr su estrategia de convencimiento. La primera de estas características es la su escritura; esta se encuentra en italiano y no en latín, con el fin de llegar no sólo a un público especializado sino a todo público en general. La segunda es su propuesta de un escenario discursivo protagonizado por tres personajes: Salviati, Sagredo y Simplicio, personajes que se ilustran en la *imagen 3*. Cada uno de estos personajes admitía en su discurso respaldar alguna de las dos teorías que estaban en disputa. Salviati representa la defensa de las ideas copernicanas y se muestra como portavoz de Galileo, Simplicio representa al filósofo aristotélico defensor de las teorías Ptolemaicas y Sagredo representa la parte mediadora del

---

<sup>1</sup> Actividad desarrollada por una persona de confianza de quienes sostienen intereses contrapuestos, con el fin de evitar o finalizar un litigio. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.3 en línea]. Recuperado de <https://dle.rae.es/?id=OjnsTUN>

diálogo, este último escucha los argumentos de ambas partes y procura por la conciliación.



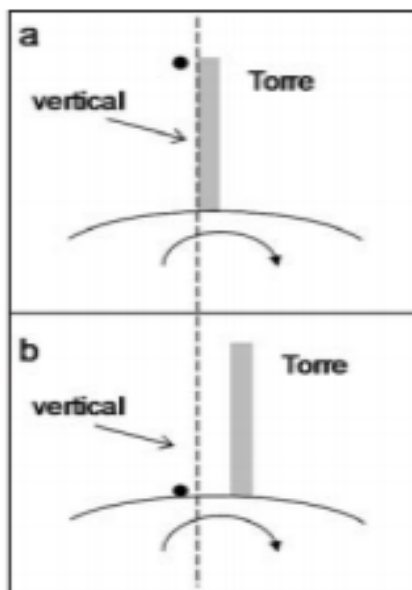
*Imagen 3: Los tres personajes del diálogo de Galilei (La ciencia es noticia, 2009)*

El Diálogo está escrito en cuatro jornadas, donde se presentan las razones filosóficas y físicas tanto de Salviati como de Simplicio para la defensa del movimiento o del reposo de la Tierra ( Ramos, 2007). En particular, es en la segunda y tercera jornada donde se aborda directamente el problema del movimiento de rotación de la Tierra sobre su eje y del movimiento de revolución de la Tierra en torno al Sol. A lo largo de la discusión, Salviati, utilizando los análisis de ciertas observaciones y experiencias físicas, refuta uno tras otro los argumentos que Simplicio venía postulando en contra del movimiento de la Tierra (Romo, 2005). Por medio de sus argumentos pretende, bien sea cambiar la idea arraigada que tiene Simplicio con respecto al tema en cuestión o al menos poner en duda dicha idea.

Una de las experiencias físicas que se pone en escena, y que es objeto de discusión en el transcurso de la segunda jornada, es aquella con relación a un cuerpo que se deja caer desde lo alto de una torre, desplazándose en línea recta y perpendicular a la superficie de la Tierra, de manera que la posición final del cuerpo no presenta alejamiento de la base de la torre. Para Simplicio este



sería un fundamento irrefutable del reposo de la Tierra, puesto que si ésta se moviera, el objeto debería caer alejado de la base de la torre tal y como se aprecia en la *imagen 4*.



*Imagen 4: Experiencia física del cuerpo cayendo. Fuente: (Ibarra, 2009, p.16)*

Salviati refuta los argumentos de Simplicio como se evidencia en el siguiente fragmento de Galileo (1632):

**SALV:** Ahora bien, para empezar a desenredar estos nudos, pregunto al Sr. Simplicio que, si alguien negase a Ptolomeo y a Aristóteles que los graves al caer libremente desde lo alto vienen por una línea recta y perpendicular, esto es directa hacia el centro, con qué medio lo probaría.

**SIMPL:** Por medio de los sentidos, que nos aseguran que la torre es recta y perpendicular y nos muestra que la piedra al caer la va rozando, sin torcerse lo más mínimo hacia una u otra parte, y percute al pie, justo bajo el lugar desde donde fue lanzada.

**SALV:** Pero en el caso de que el globo terrestre girase y, consecuentemente, llevase consigo también la torre, y de que, de todos modos, se viese que la piedra al caer va rozando el filo de la torre, ¿cuál debería ser su movimiento?

**SIMPL:** En este caso habría que decir más bien “sus movimientos”, porque uno sería aquel con el que vendría desde lo alto abajo y tendría que tener otro para seguir la carrera de la torre.

**SALV:** Por tanto, su movimiento sería un compuesto de dos, esto es de aquel con el que la piedra mide la torre y otro con el que la sigue. De este compuesto resultaría que la piedra describiría no ya la simple línea recta y perpendicular, sino una transversal y quizás no recta.

**SIMPL:** Lo de “no recta” no lo sé. Pero entiendo claramente que sería necesariamente una

transversal y diferente de la otra recta y perpendicular que describiría estando la Tierra inmóvil.

**SALV:** Así pues, sólo porque veáis que la piedra que roza la torre, no podéis afirmar con seguridad que describa una línea recta y perpendicular, si no se supone antes que la Tierra este quieta.

**SIMPL:** Así es. Porque si la Tierra se moviese, el movimiento de la piedra sería transversal y no perpendicular [...]

**SAGR:** Por consideración al Sr. Simplicio, yo quisiera, si es posible, defender a Aristóteles o, por lo menos, captar mejor la fuerza de vuestra inferencia. Vos decís: el ver rozar la torre no basta para estar seguro de que el movimiento de la piedra sea perpendicular, que es el término medio del silogismo, si no se supone que la Tierra esta quieta, que es la conclusión que debe probarse Porque si la torre se moviese con la Tierra, y la piedra la rozase, el movimiento de la piedra será transversal y no perpendicular [...]

**SIMPL:** Así es, porque, si se pretendiera que la piedra viene rozando la torre, si esta fuese llevada por la Tierra, sería preciso que la piedra tuviese dos movimientos naturales, esto es el recto hacia el centro y el circular en torno al centro, lo cual es imposible.

**SALV:** Así pues, la defensa de Aristóteles consiste en que es imposible, o al menos en que él ha considerado imposible, que la piedra pueda moverse con un movimiento mixto, recto y circular. Porque, si él no hubiese tenido por imposible que la piedra pudiera moverse hacia el centro y en torno al centro a la vez, habría aceptado que podía suceder que la piedra que cae podría ir rozando la torre tanto si ésta se mueve como si esta quieta y, en consecuencia, se habría dado cuenta de que del hecho del roce no se podría inferir nada respecto al movimiento o al reposo de la Tierra [...]

**SAGR:** Por lo que ahora entiendo gracias a vuestro largo desmenuzamiento, me parece que puedo dejar satisfecho a mi intelecto. [...]

**SALV:** Por el momento, no pretendo que vayamos tan adelante en nuestra investigación. Basta con que hayamos mostrado bastante sobradamente (si no me engaño) la ineficacia del argumento, que a primera vista parecía concluyentísimo y así había sido considerado por grandísimos hombres [...] (P.111-189)

En el Diálogo se evidencian los argumentos expuestos por los personajes desde su respectiva teoría, los cuales, permiten apelar al reconocimiento de diferentes estilos de pensamiento con el propósito de disipar un conflicto por medio de un cambio de pensamiento. Ahora bien, la estrategia de mediación y conciliación fraguada en dicho Diálogo y la comunicación utilizada por Salviati, también requiere especial atención, puesto que permiten comprender que en este escenario discursivo se despliega un entramado de acciones emergentes de la formación ciudadana, tales como actitudes de respeto, cautela, convivencia, prudencia en la elección de los argumentos expuestos, así como el uso de criterios morales como fuentes de credibilidad y la flexibilidad intelectual para solucionar conflicto.

De acuerdo con lo anterior, la mediación de un tercero, papel desempeñado por Sagredo en el Diálogo, muestra que no se imponen resultados a favor de nadie, por el contrario sus argumentos ayuda a cada una de las partes a llegar a un acuerdo de forma voluntaria, lo que permite entender el consenso no como una forma de aceptar las ideas del otro sino como una manera de participación activa en la comunidad que permita vivir en una sociedad equitativa, democrática, pacífica e incluyente (Chaux *et al.*, 2004).

En definitiva, los episodios históricos tomados de fuente original como el Diálogo y las cartas de Galileo, permiten observar el carácter humano, histórico y social de la actividad científica. Además, se destaca la importancia de la experiencia en cada uno de los momentos históricos presentes, dado que es a través de ella donde se puede ver y percibir el mundo de una forma diferente; de allí, se configura entonces una diversidad de pensamiento entorno a un fenómeno, lo cual se concibe como una oportunidad para construir desde lo social las teorías de la ciencia y propender por una transformación de la sociedad.

#### **4.3 La experimentación como escenario de construcción social de explicaciones científicas: una forma de pluralismo y transformación social**

La experimentación posee un inmenso valor en la actividad científica puesto que permite fortalecer procesos y conceptos de la misma, favoreciendo de esta forma su desarrollo y transformación. En contraste con la mirada que poseen algunos científicos sobre la actividad experimental, quienes centran su atención en la utilización de elementos materiales de laboratorio para representar de manera fiel la naturaleza y tener un acercamiento de la realidad exterior por medio de procesos cuantitativos; esta categoría reflexionará sobre las dinámicas de la actividad experimental que pone de manifiesto la consolidación de la relación entre la teoría y la práctica desde una mirada sociocultural de la actividad científica. Así mismo, se destacará el importante papel que posee los instrumentos en la experimentación, los cuales se configuran como una estrategia discursiva para hablar de los fenómenos científicos, privilegiado por un escenario argumentativo en la búsqueda de movilizar consensos.

### *4.3.1 Experiencias físicas como fundamento para movilizar consensos*

Para algunos científicos, la experimentación científica es concebida como una versión controlada de la naturaleza, busca describir y entender el mundo físico bajo una relación clara y lógica, donde se circunscriben una serie de técnicas y manejo de información generalmente basada en algoritmos matemáticos. Según esta perspectiva, la experimentación permite validar o refutar una teoría científica a partir de la modelación de algún prototipo físico. Esta manera de concebir la actividad experimental, en la cual se percibe una brecha entre la teoría y la experimentación, y donde se asume que la única manera de obtener el conocimiento es a través de la comprobación de leyes y teorías ya establecidas, no encuentra en el contexto de la enseñanza de las ciencias, espacios que contribuyan al diálogo y a la interacción humana, hecho que imposibilita una adecuada comprensión de la actividad científica (Restrepo, Guzmán y Romero, 2013), (Romero y Aguilar, 2013) y (García y Estany, 2010).

Algunos autores como Romero y Aguilar (2013) y Malagón, Sandoval y Ayala, (2013) sustentan que, en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, esta mirada positivista de asumir la actividad experimental permea la manera que tienen los profesores de significar la actividad científica. Comúnmente, los profesores de ciencias llevan a cabo sus prácticas experimentales basados en las guías de laboratorios que se encuentran en los textos escolares. Como resultado de lo anterior los procesos de experimentación se reducen a una serie de mediciones y toma de datos que los estudiantes realizan en un espacio físico al cual llamamos “laboratorio”, a través de los cuales los estudiantes resuelven con destreza los algoritmos matemáticos y usualmente manipulan fácilmente el instrumento. Ahora bien, desde esta forma de asumir la actividad experimental, las explicaciones de los fenómenos científicos se tornan mecanicistas proporcionando un tinte positivista en la enseñanza de las mismas; por tanto, la adquisición del conocimiento se encuentra desprovisto de fundamentos conceptuales puesto que cuando se indaga sobre su nivel de apropiación, por lo general carecen de él.

Todas las observaciones dichas hasta el momento, hace pensar en la imperiosa necesidad de propender por una perspectiva de la actividad experimental en la clase de ciencias en relación dialéctica con la dimensión teórica. En este sentido, “poner en juego algunas actividades

experimentales permite a la vez transformar la experiencia, elaborar y hacer explicaciones teóricas. Esas explicaciones, a su vez, permiten generar nuevas experiencias y nuevas formas de desarrollarla” (Ayala, Malagón, y Sandoval, 2013 p.128). Se considera que esta mirada de la experimentación permite potenciar el carácter dialógico de las explicaciones científicas y al mismo tiempo genera espacios para el debate en torno al fenómeno científico estudiado, instaurando mecanismos de participación, que posibilitan tramitar las diferencias por medio del diálogo en busca de la construcción acuerdos (Romero y Aguilar, 2013), (García, 2011) y (Romero et al., 2017). Todos estos aspectos, se configuran como condición para la movilización de consensos desde un escenario discursivo, permite reconocer las diferencias de pensamientos, sentimientos y argumentos, y estos a su vez se articulan para consolidar un concepto en función de la validación de la teoría científica.

Para autores como Santisteban (2009), Magendzo (2005) y Quiróz y Galeano (2008), la formación de un pensamiento social y crítico se configura en espacios donde se generen procesos de comunicación con otras personas y el medio social, y en el cual se ponga de manifiesto la diversidad de pensamientos. En este sentido, la comunicación de las ideologías en la actividad experimental más que un proceso netamente instrumental, procura reconocer que hay otras formas de encuentro y de interacción, construye identidades e integra el individuo a una sociedad inmersa en un tejido intercultural de pensamientos, emociones, creencias y sentimientos; por tanto, permite analizar posiciones, llegar acuerdos y tomar decisiones a través del discurso. Para estos autores, sin la formación de un pensamiento social y crítico no puede existir una auténtica sociedad democracia.

Ahora bien, el escenario de interacción en los procesos de experimentación no dista de las formas de relación al interior de una sociedad democrática, en ella se exige la capacidad de deliberar con el otro, de dar buenas razones a los juicios, de construir puntos de vista y reconocer al otro sin condicionar su participación. En concordancia con las ideas anteriores, se hace necesario centrar la atención en un concepto fundamental como la pluralidad, debido a que admite cuestionarse acerca de los conformismos que ha establecido una sociedad, admite una oportunidad para el desarrollo y la transformación social en la medida en que se acepta al otro y se construye con él (Quiróz y Galeano, 2008). En este orden de consideraciones, Magendzo (2005) menciona

que si la pluralidad se invisibiliza, la sociedad queda subyugada y condenada a un estancamiento, además estaría propensa a dictaduras en ámbitos políticos, religiosos, económicos ente otros.

El desarrollo, la transformación y la construcción social de la ciencia, ha ocurrido debido a las dinámicas de los diferentes estilos de pensamientos al interior de las comunidades científicas, no sería posible algún cambio, una discusión y una toma de decisiones si se tuvieran los mismos pensamientos. Aunque la confrontación entre estilos de pensamiento diferentes, advierte en principio una polémica que perduraría en el tiempo si no se llegara a un acuerdo, la comunicación en ese sentido desempeña un papel importante a la hora de enfrentar las diferencias. La capacidad de escuchar las ideas del otro y de expresar las propias en ambientes pacíficos sin acudir a la violencia, es lo que caracteriza una valoración de la pluralidad para la transformación social.

Para ilustrar mejor estas ideas, se presenta a continuación un fragmento del Diálogo de Galileo “*Diálogos entre los grandes sistemas del mundo: Ptolemaico y Copernicano*”, donde se pone en evidencia el carácter dialógico y discursivo de la experimentación. Así mismo, permite comprender cómo a través de la experiencia misma se tramitan las diferentes posturas acerca del movimiento o reposo de la Tierra, privilegiando el uso de razones y argumentos para que de manera consensuada se pueda llegar a un acuerdo.

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, el Diálogo se desarrolla en medio de la polémica presentada por la doctrina eclesiástica y Galileo, dado que este último promulga el movimiento de la Tierra configurando de esta manera una nueva visión de mundo. En el texto Simplicio y Salviati ponen de manifiesto situaciones asociadas a experiencias físicas como una manera de hablar del tema en cuestión. Simplicio hace uso de algunas experiencias presentadas por Aristóteles como una forma de argumentar las dificultades que, según este autor, contradicen la nueva disposición del mundo. Salviati por su parte, escucha los argumentos de Simplicio y despliega los propios de tal manera que deja entrever una nueva manera de interpretar la experiencia.

[...] **SALV**: Los argumentos que se presentan en este tema son de dos clases: unos tienen que ver con los accidentes terrestres, sin relación alguna con las estrellas, y otros se sacan de las apariencias y observaciones de las cosas celestes. Los argumentos de Aristóteles en su mayoría

están sacados de las cosas que están en nuestro entorno, y deja los otros a los astrónomos. Por ello estaría bien, si os parece, examinar los que están tomados de las experiencias de la Tierra, y después veremos los de la otra clase. Y puesto que Ptolomeo, Tycho y otros astrónomos y filósofos, además de los argumentos que han tomado de Aristóteles, confirmándolos y fortaleciéndolos, han presentado otros, se podrían unir, para no tener que dar las mismas respuestas o similares dos veces. Por ello, Sr. Simplicio, si queréis exponerlos vos, o preferís que yo os libere de esta molestia, estoy dispuesto a complaceros.

**SIMPL:** Será mejor que los expongáis vos que, por haberlos estudiado más, los tendréis más presentes y en mayor número.

[Salviati empieza a describir experiencias que sustentarían el reposo de la Tierra según Aristóteles, entre las que se encuentran: los cuerpos (graves) cayendo y que se desplazan siguiendo una línea recta y perpendicular a la superficie de la Tierra; una bola de plomo que cae desde la cima del mástil de una nave en reposo; un proyectil lanzado hacia lo alto a una distancia enorme, como sería el caso de una bala lanzada por un cañón levantado perpendicularmente sobre el horizonte. Para cada uno de ellos presenta argumentos con los que Aristóteles podría refutar el movimiento de la Tierra]

**SALV:** [...] Por ello podemos pasar al cuarto argumento, en el que deberemos detenernos bastante porque se fundamenta en la experiencia que da fuerza a casi todos los argumentos que quedan. [...] Ahora bien, para empezar a desenredar estos nudos, pregunto al Sr. Simplicio que si alguien negase a Ptolomeo y a Aristóteles que los graves al caer libremente desde lo alto vienen por una línea recta y perpendicular, esto es directa hacia el centro, con qué medio lo probaría.

**SIMPL:** Por medio de los sentidos, que nos aseguran que la torre es recta y perpendicular y nos muestra que la piedra al caer la va rozando, sin torcerse lo más mínimo hacia una u otra parte, y percute al pie, justo bajo el lugar desde donde fue lanzada.

[ Como alternativa para trazar una ruta con significado en el presente diálogo a la luz de la presente categoría, se reitera parte del fragmento de diálogo estudiado en la categoría anterior]

**SALV:** Pero en el caso de que el globo terrestre girase y, consecuentemente, llevase consigo también la torre, y de que, de todos modos, se viese que la piedra al caer va rozando el filo de la torre, ¿cuál debería ser su movimiento?

**SIMPL:** En este caso habría que decir más bien “sus movimientos”, porque uno sería aquel con el que vendría desde lo alto abajo y tendría que tener otro para seguir la carrera de la torre.

**SALV:** Por tanto, su movimiento sería un compuesto de dos, esto es de aquel con el que la piedra mide la torre y otro con el que la sigue. De este compuesto resultaría que la piedra describiría no ya la simple línea recta y perpendicular, sino una transversal y quizás no recta.

**SALV:** [...] Porque, si él (Aristóteles) no hubiese tenido por imposible que la piedra pudiera moverse hacia el centro y en torno al centro a la vez, habría aceptado que podía suceder que la piedra que cae podría ir rozando la torre tanto si ésta se mueve como si esta quieta y, en consecuencia, se habría dado cuenta de que del hecho del roce no se podría inferir nada respecto al movimiento o al reposo de la Tierra. [...]

**SAGR:** Por lo que ahora entiendo gracias a vuestro largo desmenuzamiento, me parece que puedo dejar satisfecho a mi intelecto [...]

**SALV:** el tiempo y las palabras me parecerían bien gastados si también en la opinión del Sr. Simplicio hubiera conseguido que creyera, no diré en la movilidad de la Tierra, pero al menos que la opinión de aquellos que la creen no es tan ridícula y tonta como la consideran los huéspedes de los filósofos comunes.

**SIMPL:** Las soluciones aportadas hasta aquí a las objeciones contra la rotación diurna de la Tierra, tomadas de los casos de los graves que caen desde lo alto de una torre y de los proyectiles en perpendicular hacia arriba o según cualquier inclinación lateral, hacia oriente, occidente, sur o norte, etc..., han disminuido en parte mi antigua incredulidad concebida contra tal opinión. [...]

En el anterior fragmento, se evidencia la puesta en escena de una experiencia física que produce una interpretación por parte de Salviati y otra por parte de Simplicio, cada una de ellas dependiente de la manera en que dichos personajes ven y asumen el mundo. Sin embargo, más allá del resultado de dicha experiencia, lo que se pone en juego es la manera dialógica de discurrir sobre ella. En este sentido, la experiencia misma se convierte en un escenario donde prima el argumento, el diálogo, el discurso y no la comprobación de una teoría bajo el tratamiento de datos. Simplicio, quien defiende los razonamientos ptolemaicos, utiliza las experiencias que se pueden observar desde la Tierra las cuales son fundamentadas en los sentidos y sustentan la inmovilidad de la Tierra. Salviati, por su parte, quien defiende los pensamientos de Copérnico, utiliza la misma experiencia y presenta argumentos con los que intentan persuadir a Simplicio, no tanto para convencerlo de la movilidad de la Tierra, sino para persuadirlo que con los argumentos que él expresa, tampoco se puede garantizar la inmovilidad de la misma. En este sentido, Salviati no pretende ser imperioso con sus ideas; por el contrario, expone sus puntos de vista en relación con los razonamientos ptolemaicos en un escenario de respeto por la palabra y los pensamientos del otro, configurando modos de pensar y al mismo tiempo transformando perspectivas y modos de ver la naturaleza y el mundo.

#### *4.3.2 El carácter discursivo del instrumento como medio para fortalecer o cambiar convicciones y pensamientos*

En las experiencias de orden cuantitativo, los instrumentos son catalogados como herramientas que determinan registros y medidas de ciertas cantidades, teniendo cierto rango de funcionamiento y por tanto de precisión. Para Ferreirós y Ordóñez (2002), estos instrumentos



entran en una categoría de instrumentos matemáticos, y con ellos se puede determinar directa o indirectamente los observables de un fenómeno. Sin embargo, extender esta perspectiva a la enseñanza de las ciencias no sólo favorece la mirada positivista de la actividad experimental en la que se observa el funcionamiento del aparato y no la importancia del fenómeno, sino que también prolonga el distanciamiento entre la teoría y la práctica (Romero y Aguilar, 2013).

Teniendo en cuenta lo anterior, Latour & Woolgar (1995), ponen de manifiesto del concepto de “Instrumento de inscripción”, este instrumento se derivó de un corpus de conocimiento claramente establecido, proporciona ciertas anotaciones que se pueden utilizar para escribir o hacer afirmaciones en la transformación de argumentos previamente establecidos. Así mismo, estas transformaciones producen nuevos argumentos y nuevos elementos relacionados con el elemento material; es en este sentido que el instrumento posibilita hablar de los fenómenos. Complementariamente, autores como Romero y Aguilar (2013), Romero (2013) y García, (2011), propenden por una experimentación cualitativa con el propósito de contribuir a cerrar la brecha que existe entre la teoría y la práctica en la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias. Para estos autores, por medio del instrumento se generan condiciones que permite entender y explorar la forma en que se produce el conocimiento científico y las transformaciones por la que ha tenido que pasar para su legitimación; favorece además la relación dialéctica entre la práctica y la teoría; así mismo, permite materializar las percepciones y concepciones establecidas frente a una teoría científica.

Como se ha dicho anteriormente, los instrumentos en la actividad experimental no sólo son artefactos materiales que sirven para tomar medidas en la búsqueda de comprobación de alguna teoría científica, sino que desde su construcción se privilegia la carga teórica de la observación, permeada también por intereses del contexto en la búsqueda implacable de solucionar problemas. En este orden de consideraciones, el instrumento se convierte en una excusa para hablar de un determinado campo científico, además, no puede ser ajeno y debe estar en concordancia con el fenómeno científico que se pone en escena (Malagón et al., 2013) y (Romero et al., 2017). Ahora bien, el instrumento por sí sólo tampoco favorece el carácter dialógico entre la teoría y la práctica; son las estrategias discursivas y dialógicas que se tejen el rededor de él, las que propician y

consolidan la mirada social de la actividad científica y contribuyen a su construcción y transformación.

En consonancia con lo anterior, Shapin (1991) en su texto “una bomba circunstancial: la tecnología literaria de Boyle”, pone de manifiesto una perspectiva acerca de la constitución y uso de la bomba de aire. Dicha perspectiva, se constituye como un ejemplo que resalta los procesos dialógicos en la construcción del conocimiento científico a través del uso de un instrumento. Para este autor, la movilización de consensos a través de la experiencia admite una validación social, en esta se construyen normas y reglas que son aceptadas. En este sentido, en el texto se resalta que Boyle no sólo fabricó la bomba de vacío, sino que diseñó una estrategia a la que llamó tecnología literaria, en donde se evidencia la construcción y validación del hecho científico, con la incorporación social, dando un cambio de perspectiva en relación con el campo científico. Para Boyle, las experiencias no sólo dependían de su realización para que se convirtieran en un hecho científico, también era necesario que la sociedad fuera testigo de su realización y en este sentido pudieran ser validadas y aceptadas, pues el experimento como tal no tendría vida sin la validación social del hecho (Shapin, 1991). Ahora bien, no sólo las experiencias realizadas con la bomba de vacío configuraron un nuevo hecho científico y una perspectiva de un concepto físico; otros instrumentos como el barómetro y el telescopio también desempeñaron un papel importante en la construcción de una perspectiva teórica (Ferreirós y Ordóñez, 2002).

Por otra parte, los instrumentos de observación astronómica fueron de vital importancia en la historia de la ciencia, tanto para el estudio de la astronomía como para sintetizar a través de ellos una manera de entender cómo funciona el cosmos y el lugar que ocupamos en él. En este orden de consideraciones, la Esfera armilar como se puede apreciar en la *imagen 5*, se constituye como un instrumento de observación astronómica, diseñado con la intención de mostrar una representación del mundo y comprender su significado en un determinado contexto. Para muchos historiadores la esfera armilar es un símbolo de poder, fundamentando esta consideración con la idea de que la esfera armilar es equivalente al globo terráqueo, es decir, un modelo de la Tierra, y por tanto, se encuentra directamente relacionado con la representación de superioridad de la Tierra ante el cosmos. El modelo conceptual de su estructura resultó del desarrollo ancestral de los

conocimientos astronómicos, y se materializó en una representación esférica del cosmos y de su funcionamiento. En este sentido Ferreira (2016) menciona:

Podemos decir que una esfera armilar es una imagen que representa tridimensionalmente el cosmos. También es un modelo físico de una concepción del universo, un objeto que circunscribe en sí la representación entera de lo que existe. Su estructura se compone de aros o anillos (armilas en latín), usualmente metálicos, que representan los círculos conceptuales correspondientes al movimiento del cosmos. Este instrumento refleja la creación del conocimiento astronómico, uno de los pilares de la civilización humana. Su construcción es la expresión de un alto conocimiento teórico y práctico del ser humano, que, en su opinión, podría replicar la obra divina de la naturaleza con sus propias manos [...] La divinización inmemorial de las estrellas nos da cuenta de la importancia del paisaje celestial para la humanidad. Si inicialmente sus fenómenos fueron completamente inesperados, su larga observación resulta en una comprensión deseada. La contemplación del ciclo interminable de las apariencias celestes se organiza. Las estrellas son nombradas y el cielo es mapeado y estructurado. Una sistematización revela su comportamiento (p. 20-21)



*Imagen 5: esfera armilar. Fuente: (Gangui, 2013, p.58)*

El origen de la esfera armilar es aún desconocido desde la historia, pero los testimonios de la antigua práctica de la astronomía muestran una forma diferente de pensar y se relacionan con el cosmos a partir de la observación (Ferreira, 2016), estilo de pensamiento que se ha materializado en este instrumento. Ahora bien, Ptolomeo defensor de la teoría geocéntrica, hace uso de la observación y el lenguaje común instaurado en la época para defender y ratificar la inmovilidad de la Tierra. Desde la observación, un observador cuya posición es la Tierra, percibe que los cuerpos celestes como los planetas y las estrellas se mueven ante sus ojos; Ptolomeo y los

defensores de las teorías Aristotélicas apelaban a este hecho como parte de sus argumentos para la defensa de su teoría dado que no existía una experiencia práctica que hiciera pensar lo contrario. Por otra parte, el lenguaje desempeña un rol fundamental en el fortalecimiento de esta teoría, “Nadie dice: La Tierra ha girado para hacer visible el Sol, sobre el horizonte, en el Este, Nadie dice: sirio no será visible en cuanto la Tierra haya girado una hora más” (Lanciano, 1989, p.174). Esta teoría se puede explicar desde lo que se vive, se ve y se habla a diario, por tanto, no existe ninguna forma que haga pensar en el movimiento de la tierra.

Como se dijo anteriormente, no existía una experiencia práctica que implicara una nueva concepción de mundo; sin embargo, en siglo XVIII el físico Francés Jean Bernard León Foucault (1819-1868), cambiaría esta perspectiva logrando convencer a sus contemporáneos del movimiento de rotación de la Tierra a través de la experiencia física mostrada con el péndulo que lleva su nombre. Antes de que León Foucault diseñara su experiencia en la que incluía un sistema de rotación, Gaspard Gustav Coriolis (1792-1843), estudió un fenómeno en el que interviene este tipo de sistemas al que llamó “el efecto Coriolis”, este efecto “es la acción de una fuerza ficticia sobre un cuerpo debido al sistema rotatorio en el que se realiza el experimento” (Ibarra, 2009, p.20), en palabras del autor, el fenómeno que produce este efecto no sólo depende de la velocidad y dirección del sistema de rotación, sino también la velocidad y dirección del cuerpo.

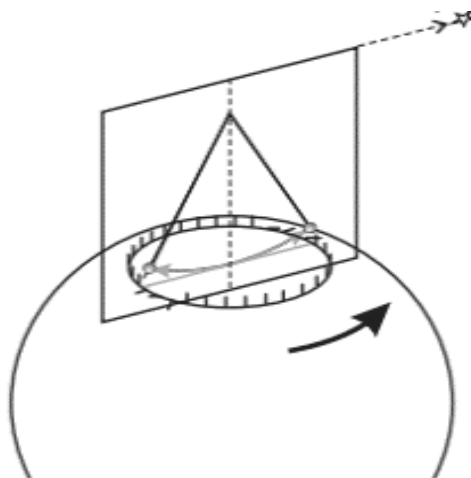
No obstante, pese a que este efecto se encuentra en todos los sistemas rotatorios, si la rotación es lenta y la velocidad del cuerpo es pequeña dicho efecto sería muy difícil de observar. Sin embargo, si se prolonga el movimiento del cuerpo por más tiempo, el efecto podría ser percibido de manera más clara (Ibarra, 2009). Teniendo en cuenta el fenómeno que se percibe en el efecto Coriolis, Foucault contempló el comportamiento de un péndulo cuando la base de éste giraba (*imagen 6*), a partir de lo que ocurre con esta experiencia (*imagen 7*), le surgió la idea de utilizarlo como medio para “observar” la rotación de la Tierra.

En este sentido Foucault (1851) menciona:

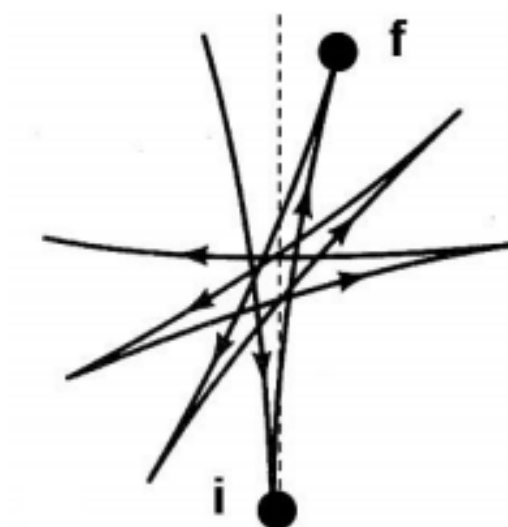
Las observaciones tan numerosas e importantes de las cuales el péndulo ha sido hasta aquí objeto, son sobre todo relativas a la duración de las oscilaciones; aquellas que me propongo hacer conocer a la academia están principalmente relacionadas sobre la dirección del plano de oscilación

que, desplazándose gradualmente, de oriente a occidente, proporcionan un signo sensible del movimiento diurno del globo terrestre.

A fin de llegar a justificar esta interpretación de un resultado constante, haré abstracción del movimiento de traslación de la tierra, que no influye en el fenómeno que quiero poner en evidencia, y supondré que el observador se transporta al polo para establecer allí un péndulo reducido a su más grande simplicidad, es decir, un péndulo compuesto de una masa pesante homogénea y esférica, suspendido por un hilo flexible de un punto absolutamente fijo; supondré asimismo, inicialmente, que este punto de suspensión está exactamente sobre la prolongación del eje de rotación del globo, y que las piezas sólidas que lo soportan no participan del movimiento diurno ( P. 1)



*Imagen 6: Péndulo de Foucault oscilando. Fuente: (Cabrera, 2006, p.28)*



*Imagen 7: Trayectoria aparente de la masa del péndulo. Fuente: (Ibarra, 2009, p:21)*

Las observaciones que obtuvo Foucault con el experimento del péndulo, le permitieron ver un comportamiento como el mostrado en la *imagen 7*. En esta experiencia, se observa cómo la dirección de oscilación o plano de oscilación cambia a través del tiempo. Sin embargo, la observación detallada de Foucault acerca de este fenómeno lo llevó a establecer que el plano de oscilación no variaba, sino que los cambios de posiciones que se observaban, se debían a la rotación de nuestro planeta; demostrando de esta manera que la Tierra se mueve bajo nuestros pies (Ibarra, 2009). En el fragmento, Foucault pone en evidencia estos atributos del movimiento del péndulo, con la intención de contribuir con la consolidación de una nueva perspectiva teórica que promulga el movimiento de rotación de la Tierra. Estas consideraciones le proporcionaron argumentos para hablar de un fenómeno y lograr cambiar las concepciones de mundo que estaban previamente establecidas con la teoría geocéntrica y de esta manera consolidar una nueva perspectiva de mundo. Posiblemente se podría decir que el péndulo de Foucault oscila al ritmo de aquellas palabras promulgadas por Galileo al defender el movimiento de la Tierra “Eppur se mouve” (Ibarra, 2009, p.22).

En estos fragmentos, y en general en los episodios, se resaltan el rol de la experimentación como una forma de ver y hablar de la naturaleza. En este orden de consideraciones, hablar de la ciencia con ejemplos concretos, es mostrar no sólo el resultado de un hecho científico mediante la utilización de un instrumento, sino que también, permite comprender la manera en que se configuró y las vicisitudes que enfrentó en su proceso; permite además, transformar convicciones y pensamientos arraigados por una idiosincrasia cuando se pone en escena reflexiones sobre el papel del ser humano en la elaboración de un conocimiento y el consenso como forma de validación del mismo.

En este sentido, los instrumentos científicos y los procesos experimentales no son usados desde una perspectiva empirista, sino que propician una mirada dialógica entre teorización y experimentación. Este encuentro de intercambio de conocimientos se convierte en un espacio potente para resignificar acciones que apunten a una reflexión que vayan más allá del trabajo de campo, propicia actitudes y comportamientos basados en el respeto, participación, pensar coherentemente y expone pensamientos buscando un consenso.

### 3. Marco Metodológico

#### 5.1 Paradigma, enfoque y tipo de estudio

La metodología que se asumió en esta investigación corresponde al paradigma cualitativo-interpretativo. Se considera adecuado este paradigma metodológico en el sentido que propende por el estudio del ser como factor fundamental, su interacción con la sociedad y con los fenómenos que allí ocurren. Este paradigma no sólo busca una reflexión epistemológica en la medida en que cuestiona el desarrollo teórico, histórico y filosófico de los diversos campos del conocimiento, sino que también, fortalece los procesos de interacción, la escucha y los discursos argumentativos utilizando el lenguaje como medio de comunicación (Vasilachis de Gialdino, 2006).

Por otra parte, la investigación cualitativa “se fundamenta en una posición filosófica ampliamente interpretativa en el sentido de que se interesa por las formas en las que el mundo social es interpretado, comprendido, experimentado y producido” (Vasilachis de Gialdino, 2006, P.2), indaga por situaciones naturales de donde se interpretan los fenómenos y está sustentada en la experiencia de las personas. Este paradigma adquirió gran pertinencia en el desarrollo de esta investigación en el sentido que permitió la discusión de la controversia histórica alrededor del movimiento de la Tierra privilegiando los discursos de los participantes como datos primarios y al mismo tiempo se valoró la perspectiva de mundo que ellos tenían y el intento por descubrir nuevas formas de comprenderlo.

Considerando que el paradigma cualitativo depende del enfoque y contexto que se seleccione como objeto de estudio, se asumió adecuado para este proyecto un enfoque histórico hermenéutico, en el sentido que se pretende dar fuerza a la historia de los fenómenos y darles un sentido desde contextos socioculturales; es decir, se procura comprender por qué llegaron a convertirse en fenómenos sociales. Desde este enfoque, los fenómenos no son un todo acabado, se encuentran en constante construcción histórica y dialógica desde la realidad social (Herrera, 2010); además, es una búsqueda incansable de comprender el mundo en que vivimos, es entender “el pasado, presente y futuro: la historia, la cultura y las circunstancias” (De Souza, 2010, p257).

La investigación se desarrolló a través de un estudio de caso instrumental; se consideró adecuado este tipo de estudio, dado que permitió a partir de un conjunto de personas específicas, comprender sus discursos a la luz de un fenómeno en particular, entender su realidad y circunstancias históricas importantes (Stake, 2010); (Álvarez y San Fabián, 2012). Según Stake (2010), el investigador de casos adquiere una función de interprete al observar lo que ocurre en un determinado contexto; reconoce, examina y confirma significados nuevos, explora un problema y lo estudia esperando poder relacionarlo con situaciones conocidas; así, “La investigación con estudio de caso comparte la carga de clarificar las descripciones y de dar solidez a las interpretaciones” (p. 91).

Como técnicas de recolección de la información, se utilizaron en este trabajo los grupos de discusión y los talleres investigativos. El grupo de discusión es importante en la medida en que promueve la interacción de un grupo de personas con características comunes y con el objetivo de obtener información sobre un tema en particular grupal; por medio de él se promueve el trabajo en equipo y se estimula la participación puesto que deben trabajar de forma cooperativa para originar un discurso privilegiando un ambiente de confianza (Huertas Vigier, 2010); (Mena y Méndez, 2009).

Así mismo, los talleres investigativos fueron de vital importancia en el proceso de la investigación dado que su uso suscitó a diferentes puntos de vista, saberes y vivencias de los participantes, a través de ellos se favoreció un espacio para debatir de manera amplia y profunda acerca del movimiento o reposo de la tierra. Así mismo, se puso de manifiesto la construcción grupal de planteamientos, propuestas, preguntas e inquietudes y respuestas frente al tema en cuestión, donde se realizaron aportes desde las propias capacidades y experiencias (Quiroz, Velásquez, González y García, 2014).

## **5.2 Contexto y Participantes**

La implementación de la investigación tuvo lugar con profesores en formación del programa de Licenciatura en Matemáticas y Física de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, al interior del curso *Epistemología e Historia de la Física y la Matemática II*, que



se ofrece en dicho programa, vale la pena resaltar que la implementación no abarco la totalidad del curso, sino una parte de él. Este espacio tiene como propósito discutir y destacar la importancia de los aspectos metacientíficos como ejes articuladores para la comprensión y el análisis de los principales paradigmas del conocimiento científico con estudiantes de los últimos semestres. Del mismo modo, el propósito de la implementación de esta investigación destaca el análisis de los discursos de los profesores en formación alrededor del uso de las reflexiones metacientíficas para comprender la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana desde el estudio de controversias históricas, en particular la controversia sobre los modelos cosmológicos.

Considerando los aspectos mencionados anteriormente, el curso de *“Epistemología e Historia de la Física y la Matemática II*, se configuro entonces en un espacio adecuado y pertinente para realizar la intervención de la propuesta pedagógica. Dicha intervención se desarrolló con 15 profesores en formación en el semestre 2019-2 durante siete sesiones de clase de dos horas cada una. Los Instrumentos para obtener la información de los participantes fueron sometidos a validación y legitimación durante los Seminarios de Investigación dos y tres del programa de la Maestría de Educación en Ciencias Naturales de la Universidad de Antioquia, así como en reuniones con expertos al interior del grupo ECCE.

Es necesario mencionar que, antes de comenzar con la intervención pedagógica, se informó a los participantes acerca de los propósitos del proyecto de investigación, la cantidad de sesiones de la intervención y la forma en que ellos participarían. De igual forma, se dio a conocer, para su aceptación y firma, el protocolo ético y el consentimiento informado, en el que aparece de manera clara y explícita los deberes, beneficios, el proceso de confidencialidad, la aceptación de someter sus producciones escritas y orales al análisis de la investigación, y la aprobación para ser grabados y fotografiados durante el proceso de intervención (Anexo 2).

### **5.3 Propuesta de intervención y registro de la información**

Con se mencionó en párrafos anteriores, las técnicas utilizadas para el registro de la información de esta investigación fueron grupos de discusión, talleres investigativos, lectura de documentos y plenarias generales. Para la intervención, se planteó una propuesta de enseñanza a

la luz del uso de reflexiones metacientíficas como eje articulador entre la formación en ciencias y la formación ciudadana, tomando como caso particular la controversia entre los modelos geocéntrico y heliocéntrico con el propósito de analizar los discursos de los profesores en formación alrededor de esta relación. Para tal propósito, por medio de las técnicas mencionadas, se adquirieron producciones escritas tanto de contribuciones individuales como grupales de los participantes que derivaron de los talleres, y producciones orales como resultado de las plenarias. El diseño de cada uno de los instrumentos obedece a la siguiente estructura.

**Tabla 1:** Estructura de la implementación de la propuesta pedagógica

Episodios Históricos	Aspectos Metacientíficos de Formación Científica	Formación Ciudadana
<b>Galilei, G. (1615). Carta Del Señor Galileo Galilei Escrita A La Señora Cristina De Lorena, Gran Duquesa De Toscana.</b>	Carácter controversial y cuestionable de las explicaciones científicas	Reconocimiento del otro (Alteridad)
	Estilos de pensamiento y perspectivas del mundo físico	Dirimir conflictos científicos y sociales
<b>Galilei, G. (1632). Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo Ptolemaico y copernicano.</b>	Experimentación como escenario de construcción social de explicaciones	Movilización de consensos
	Los instrumentos como discursos y prácticas rectificadas.	Fortalecer o cambiar convicciones y pensamientos
<b>Foucault, L. (1851) Demostración física del movimiento de rotación de la Tierra por medio del péndulo.</b>		
<b>Ferreira, C. (2006) Esfera Armilar Manuel I: Visión celeste y Astral Providencia</b>		

Los instrumentos, fueron producto del análisis de fragmentos tomados de fuentes primarias, que aluden a la controversia histórica de los modelos cosmológicos tales como: Galileo (1615) “*Carta del señor Galileo Galilei escrita a la Señora Cristina de Lorena, gran Duquesa de Toscana*”, Galileo (1632) “*Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo Ptolemaico y Copernicano*”, (Foucault, 1851) “*Demostración física del movimiento de rotación de la tierra por medio del péndulo (Démonstration physique du mouvement de rotation de la Terre au moyen du pendule)*”, y fuentes secundarias como (Ferreira, 2016) “*Esfera Armilar Manuel I: Visión celeste y Astral Providencia (A Esfera Armilar de d. Manuel i: Visao Celestial e Providencia Astral)*”.

El propósito de los fragmentos deviene de una mirada contextual y sociohistórica de la ciencia, en la cual se asumen las controversias históricas como una manera de construir conocimiento científico mediado por interacciones sociales y dialógicas. En ese orden de consideraciones, no cualquier fragmento cumple con tal propósito; se consideraron adecuados entonces los fragmentos en los que se percibía una relación entre aspectos metacientíficos y los aspectos ciudadanos ilustrados en la *Tabla 1*.

Cada uno de los instrumentos diseñados se desarrolló en tres momentos. En el momento uno, se obtuvo producciones escritas individuales derivadas de los *talleres* (T1, T2 y T3), momento en el cual los participantes hicieron lectura de los fragmentos y respondían algunas preguntas que abordaban la posible la relación de la ciudadanía con la actividad científica, teniendo como referente las reflexiones metacientíficas.

Posteriormente, en el momento dos, los participantes se reunieron por equipos para compartir sus respuestas y llegar a un consenso con el propósito de poner en evidencia la construcción social del conocimiento científico. A este momento lo llamamos *Grupos de discusión* (GD1, GD2 y GD3).

Finalmente, en el momento tres, llevado a cabo en una sesión independiente a las anteriores, los participantes socializaron las respuestas de las preguntas de los talleres, identificando los argumentos y los contraargumentos que los participantes expresaron en función de la temática abordada. Este espacio privilegió el carácter socio-cultural de la actividad científica y la mirada dialógica de las explicaciones científicas que subyacen de los estudios históricos, epistemológicos y sociológicos de la ciencia. A este momento lo llamaremos *Plenarias* (P1, P2 y P3).

A continuación, se presenta una línea de tiempo donde se muestra las actividades de la implementación pedagógica en correspondencia con la sesión en la que se realizó, y el tipo de información que se obtuvo.

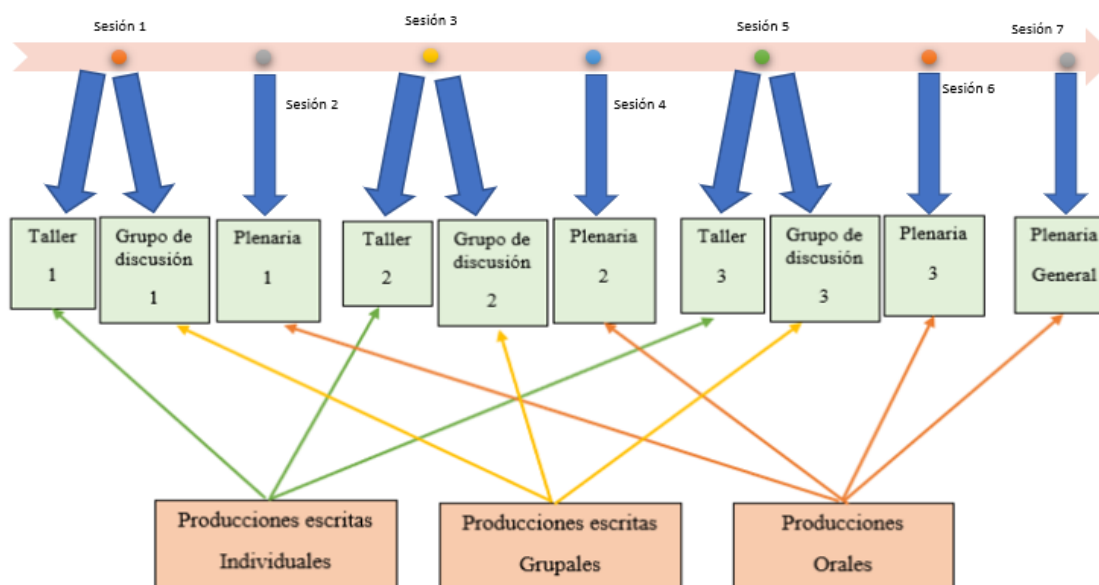


Figura 1: Línea de tiempo de la implementación de la propuesta pedagógica.

Considerando que los talleres investigativos fueron diseñados para atender los propósitos de la investigación y en correspondencia con las categorías de análisis descritas en el marco teórico, se describirán de manera resumida cada uno de ellos.

*El taller 1*, retoma el fragmento tomado de la carta de Galileo a la Duquesa de Toscana. En dicho fragmento Galileo presenta argumentos en defensa del sistema copernicano y a la vez que muestra su desacuerdo por las acusaciones y el desprestigio al que ha sido sometido por parte de algunos seguidores de la doctrina eclesiástica. En particular, Galileo en esta carta manifiesta que existen dos perspectivas diferentes de considerar el mundo, cada una de ellas fundamentada en distintas fuentes de conocimiento y, por tanto, no susceptibles de comparación. Por una parte, el conocimiento religioso, soportado en creencias y revelaciones y expresado por las Sagradas Escrituras; Por otra parte, el conocimiento del mundo natural, soportado en hechos y observaciones, y expresado a través de ciertas demostraciones.

*El taller 2*, tomó como fundamento un fragmento del Diálogo de Galileo, en dicho fragmento dialogan tres personajes (Simplicio, Sagredo y Salviati) los cuales se reúnen en el

palacio veneciano de Sagredo durante cuatro jornadas, para discutir y validar las ideas de los sistemas cosmológicos, el aristotélico-ptolemaico y el copernicano, los cuales, para la época eran considerados sistemas rivales. A lo largo de las cuatro jornadas se puede percibir la manera en que Salviati (Galileo) postula argumentos para refutar uno tras otro los argumentos que Simplicio (Aristóteles) venía postulando en contra del movimiento de la Tierra (Romo, 2005).

*El taller 3*, recoge dos fragmentos respecto a dos instrumentos físicos, el primero relacionado concerniente a una visión del mundo mostrada desde la esfera Armilar y el otro con la demostración física del péndulo de Foucault. En este encuentro, se llevaron los modelos físicos, el péndulo (representa la teoría Copernicana- Galileana, rotación de la Tierra) y la esfera Armilar (representa el modelo Ptolemaico). Haciendo uso de las observaciones de estos modelos, los participantes por equipos debían proponer argumentos en defensa de uno de ellos, y al mismo tiempo hacer explícita una estrategia discursiva en pro del debilitamiento del modelo opuesto.

*La plenaria final* (PF), recogió todos los elementos evaluativos del proceso de implementación de la propuesta pedagógica, momento en el que se hicieron explícitas, sensaciones y percepciones de los participantes alrededor de los aspectos positivos de la propuesta, al igual de aquellos aspectos por mejorar.

En la *Tabla 2* se describe el contenido de los talleres de la propuesta pedagógica, los cuales se presentan completamente en el (Anexo 1).

**Tabla 2:** *Descripción de los talleres de la propuesta pedagógica*

	Fragmento	Algunas preguntas del taller
<b>Taller 1</b>	Galilei, G. (1615). Carta Del Señor Galileo Galilei Escrita A La Señora Cristina De Lorena, Gran Duquesa De Toscana.	¿Cuáles argumentos pondría Usted en escena para contradecir o defender los argumentos presentados por Galileo? ¿Considera Usted que los argumentos presentados por Galileo contribuyen al reconocimiento de sus oponentes? ¿De qué manera?
<b>Taller 2</b>	Galilei, G. (1632). Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo Ptolemaico y copernicano.	En el Diálogo se exponen argumentos tanto a favor del movimiento de la Tierra (expresados por Salviati), como a favor del reposo de la misma (planteados por Simplicio). ¿Cuál argumento, de cada una de estas perspectivas, considera Usted es el más potente para convencer a su ponente y por qué? ¿De qué manera la forma como se presenta y desarrolla el Diálogo contribuye a solucionar el conflicto expuesto? ¿Esta manera de presentar y desarrollar el Diálogo se puede evidenciar en otras dinámicas sociales? ¿Cuáles?
<b>Taller 3</b>	Foucault, L. (1851) Demostración física del movimiento de rotación de la Tierra por medio del péndulo.  Ferreira, C. (2006) Esfera Armilar Manuel I: Visión celeste y Astral Providencia	Explicite y ponga en escena una estrategia discursiva que contribuya a la movilización de consensos a favor del modelo cosmológico asignado, y al debilitamiento del modelo cosmológico opuesto.

#### 5.4 Sistematización y análisis de la información

Según Stake (2010), el investigador de un estudio de casos observa lo que ocurre en un determinado contexto, estudia el problema, lo explora y lo intenta relacionar con situaciones conocidas, las interpreta y les da nuevos significados. A sí mismo, “La investigación con estudio de caso comparte la carga de clarificar las descripciones y de dar solidez a las interpretaciones” (Stake, 2010, p. 91). En este sentido, una vez obtenida la información se realizaron las transcripciones de las producciones tanto escritas (Talleres) como orales (Audios), cuidando la confidencialidad de los participantes bajo un pseudónimo que ellos mismos asignaron en el momento de firmar el protocolo ético. (Anexo 7).

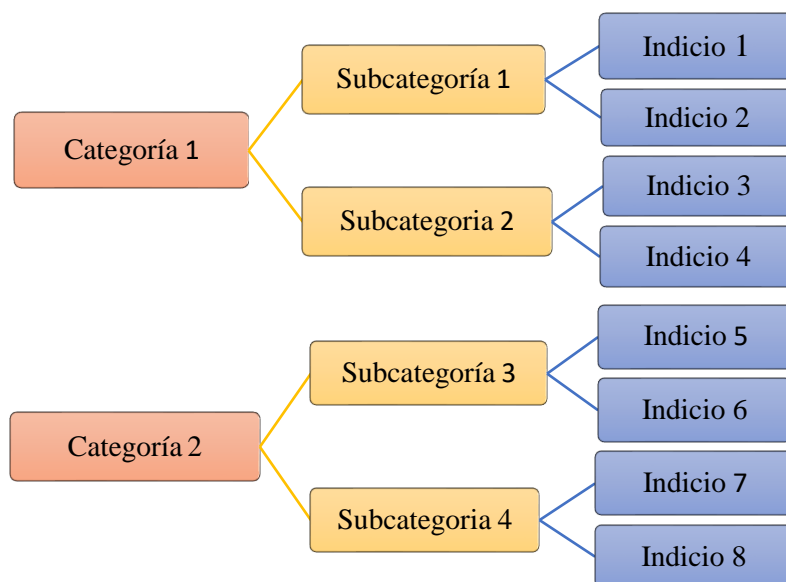
Para el análisis e interpretación de la información, este estudio privilegió el análisis cualitativo de contenido, el cual según Piñuel (2002) se entiende “al conjunto de procedimientos

interpretativos de productos comunicativos como mensajes, textos o discursos” (P.2). Es, en este sentido, el resultado de la transformación mediante reglas confiables de un texto inicial con el propósito de procesar datos relevantes. Ahora bien, se consideró adecuado en el análisis de la información de este trabajo porque teniendo en cuenta las categorías de la investigación, se estableció una ruta de significación con sentido interpretativo de, posturas, consensos, disensos, entre otros aspectos que subyacen de los escenarios comunicativos mediante los registros y documentos que recogen las unidades de análisis, las cuales fueron fragmentos de producciones orales y escritas y frases completas con sentido elaboradas por los profesores participantes en el trascurso de la intervención (Piñuel, 2002).

#### *5.4.1 Selección de las unidades de análisis.*

Una vez hechas las transcripciones de las producciones escritas y orales, se seleccionaron las unidades de análisis que guardan relación con los propósitos de la investigación y se desecharon aquellas que se alejaron de tales propósitos. En este sentido, se consideraron como unidades de análisis aquellos fragmentos o frases completas que guardan relación entre categorías, subcategorías y aquellos indicios elaborados para identificar los argumentos más relevantes otorgados por los grupos participantes a la luz de dicha categoría, y que privilegian la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana.

De acuerdo Jorba y Sanmartí (1994), la organización de la información producto de una selección por parte del investigador con un fin determinado, deben dar sentido a la información y posibilitar la facilidad de su estudio; Sin embargo, se debe procurar en no caer en el condicionamiento total. En atención a lo anterior y el propósito de organizar las unidades de análisis seleccionadas se configura una red sistémica que se muestra a continuación.



*Figura 2: Red sistemática para la organización de la información*

En concordancia con la red sistemática anterior, las unidades de análisis seleccionadas se dispusieron en matrices de tal manera que se pudiera observar con más detalle la relación entre las categorías, subcategoría y los indicios. Inicialmente, se dispone de una matriz donde se muestran los indicios en correspondencia con las categorías y las subcategorías. Posteriormente, se presenta una matriz con algunos ejemplos de las unidades de análisis en correspondencia con los indicios. La matriz completa de los indicios y unidades de análisis seleccionadas se encuentra en el (Anexo 7)



**Tabla 3:** *Relación de las categorías de análisis con los indicios*

Categoría	Subcategoría	Indicios
<b>Explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural. Una forma de favorecer la convivencia a partir de las diferencias.</b>	Carácter controversial de las explicaciones científicas como fundamento para el reconocimiento del otro	Identifican diferentes perspectivas de mundo como parte fundamental de una controversia
		Consideran que Galileo reconoce a sus oponentes y busca estrategias para conciliar con ellos
	Flexibilidad intelectual como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales	Proponen solucionar conflictos mediante estrategias discursivas y las relaciona con otras dinámicas sociales
		Reconocen que la solución de un conflicto esta permeado por un escenario dialógico
<b>La experimentación como escenario de construcción social de explicaciones científicas: una forma de Pluralismo y Transformación social</b>	Experiencias físicas como fundamento para movilizar consensos	Establecen relaciones entre los diferentes estilos de pensamiento con las experiencias físicas
		Proponen experiencias físicas como estrategia discursiva para movilizar consensos
	Carácter discursivo del instrumento como medio para fortalecer o cambiar convicciones o pensamientos	Apelan al carácter discursivo de los instrumentos para cambiar convicciones y pensamientos.
		Proponen argumentos en defensa o en contra de las Teorías ptolemaica y copernicana basado en los modelos físicos

**Tabla 4:** Ejemplo de unidades de análisis en correspondencia con los indicios

Indicios	Unidades de Análisis
<b>Identifican diferentes perspectivas de mundo como parte fundamental de una controversia</b>	<b>Grupo 3:</b> Con respecto a sus oponentes, estaban guiados por lo que la religión planteara. Lo que no era expuesto en las escrituras no servía.
<b>Consideran que Galileo reconoce a sus oponentes y busca estrategias para conciliar con ellos</b>	<b>Grupo 1:</b> Si, los reconoce en tanto busca llegar a un consenso y plantea argumentos.
<b>Proponen solucionar conflictos mediante estrategias discursivas y las relaciona con otras dinámicas sociales</b>	<b>Grupo 2:</b> consideramos importante los razonamientos lógicos de cada parte, mostrando posiciones con buenas bases, pretensiones reflexivas y mostrar lo importante que es el estudio del campo tratando. <b>grupo 3:</b> En las dinámicas sociales: haríamos una charla donde cada una de las partes (un científico experto en Astronomía y un Teólogo), expongan los argumentos que ellos sostienen. Se trataría de tomar posturas, analizarlas y de esta sacar la que según cada sujeto acomode a los hechos.
<b>Reconocen que la solución de un conflicto esta permeado por un escenario dialógico</b>	<b>Grupo 2:</b> Decimos que la forma en la que lo hace es, conciliado ambos modos de pensar de tal modo que se evalúe, se desmenuce, comparta las concepciones establecidas, etc, podemos ver un entramado en el que uno escucha atentamente mientras otro expone sus argumentos y un tercero que no está a favor de nadie
<b>Establecen relaciones entre los diferentes estilos de pensamiento con las experiencias físicas</b>	<b>Grupo 1:</b> finalmente Salviati no buscaba argumentos que llevara a sustentar que la tierra se movía, sino que lo que estaba haciendo era llegar a una contradicción con el otro <b>Grupo 2:</b> de Simplicio dijimos que ponía el ejemplo del cañón, que al disparar perpendicularmente una bala, está regresa por la misma línea aun Aún si ha sido lanzada muy alto, si la Tierra girase sobre sí misma la bala no caería en el mismo punto, entonces decimos que nos parece muy importante este argumento, es convincente porque si la bala no está en contacto con la Tierra mientras esta gira la bala debería perder velocidad de giro y terminaría en una posición diferente dónde fue lanzada y de Salviati [...] Aunque la tierra se mueve, este presenta un buen argumento, Que hace posible explicar la caída de los cuerpos desde otra perspectiva [...]

<p><b>Proponen experiencias físicas como estrategia discursiva para movilizar consensos</b></p>	<p><b>Grupo 3:</b> vamos a suponer que este es un carro yo voy a llegar y me voy a montar acá en el carro voy a medir, voy a medir la longitud de este tarro, cierto, ahora ese carro arrancó y yo estoy dentro del sistema, Entonces yo vuelvo y mido el carro cuando está en movimiento te hago una pregunta? el hecho de que yo lo mida, la misma longitud con el carro en movimiento o con el carro quieto, garantiza o me sirve para garantizar o me sirve para predecir que el carro está quieto o está en movimiento?</p>
<p><b>Apelan al carácter discursivo de los instrumentos para cambiar convicciones y pensamientos.</b></p>	<p><b>Grupo 2:</b> El sistema geocéntrico en primer lugar no se basa en suposiciones, sino que nos muestra la experiencia, está al alcance de nuestros sentidos y predice perfectamente el movimiento de los astros, la esfera Armilar es una representación fiel de las dimensiones del cosmos, da pie para los estudios astronómicos.</p> <p><b>Grupo 3:</b> Teniendo en cuenta que el péndulo no se desvía, sino que sigue su trayectoria en un mismo plano, su base gira tanto hacia la derecha como a la izquierda en cada uno de los polos (Norte- Sur) lo que sería una prueba filial de que el planeta está en movimiento.</p>
<p><b>Proponen argumentos en defensa o en contra de las Teorías ptolemaica y copernicana basado en los modelos físicos</b></p>	<p><b>Grupo 2:</b> Qué me garantiza que ese movimiento que ustedes están haciendo ahí en la base, ustedes tienen un péndulo y giran la base, El péndulo empieza a describir esa forma cierto, cuando yo pongo un péndulo, yo no sé ustedes, pero para mí me pasa, al contrario, El péndulo empieza a perder energía, ¿no? entonces El péndulo se queda quieto, Entonces cómo me garantizan que eso sí es verdad, cuando yo lo ponga afuera si va a funcionar</p>

Por otra parte, y con el propósito de abordar satisfactoriamente los objetivos de la investigación se diseñó una rúbrica a través de la cual se analizó la evolución de los discursos de los participantes alrededor de la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana a lo largo de la intervención de la propuesta pedagógica. La rúbrica consiste en la identificación de tres niveles de asimilación de la relación, de tal manera que las unidades de análisis que subyacen de los discursos de los grupos participantes son ubicadas en un respectivo nivel de la rúbrica de acuerdo con los siguientes criterios:

Nivel 1: En este nivel, se ubican aquellos argumentos de los grupos participantes que dan cuenta de la relación, pero que sus enunciados se encuentran circunscritos exclusivamente a los argumentos presentados en los fragmentos de los talleres.

Nivel 2: En este nivel se ubican aquellos argumentos de los grupos participantes que dan cuenta de la relación y que al mismo tiempo explicitan una correspondencia de dicha relación con otras dinámicas sociales.

Nivel 3: Este es nivel máximo de la relación, acá se ubican los argumentos de los grupos participantes que, además de dar cuenta de la relación, ellos mismos se sienten partícipes al explicitarla a través de sus propias experiencias de vida.

**Tabla 5:** Rúbrica de niveles de la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana

Categoría/ Nivel	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
<b>Explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural: una manera de ejercer la participación ciudadana mediada por las diferencias.</b>	Identifican el carácter controversial de las explicaciones científicas como fundamento para el reconocimiento del otro, a través de argumentos explícitos en los fragmentos.	Identifican el carácter controversial de las explicaciones científicas como fundamento para el reconocimiento del otro, a través de sus manifestaciones de otros conflictos que no están en los fragmentos.	Identifican el carácter controversial de las explicaciones científicas como fundamento para el reconocimiento del otro, a través de ciertas vivencias personales donde se sienten partícipes de la relación
	Identifican la flexibilidad intelectual como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales, a través de argumentos explícitos en los fragmentos.	Identifican la flexibilidad intelectual como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales, a través de sus manifestaciones de otros conflictos que no están en los fragmentos.	Identifican la flexibilidad intelectual como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales, a través de ciertas vivencias personales donde se sienten partícipes de la relación.
<b>La experimentación como escenario de construcción social de explicaciones científicas: una forma de Pluralismo y transformación social</b>	Identifican El experimento como generador de condiciones para movilizar consensos, a través de argumentos explícitos en los fragmentos.	Identifican El experimento como generador de condiciones para movilizar consensos, a través de sus manifestaciones de otros conflictos que no están en los fragmentos.	Identifican El experimento como generador de condiciones para movilizar consensos, a través de ciertas vivencias personales donde se sienten partícipes de la relación.
	Identifican el carácter discursivo del instrumento como medio para fortalecer o cambiar convicciones y pensamientos, a través de argumentos explícitos en los fragmentos.	Identifican el carácter discursivo del instrumento como medio para fortalecer o cambiar convicciones y pensamientos, a través de sus manifestaciones de otros conflictos que no están en los fragmentos.	Identifican el carácter discursivo del instrumento como medio para fortalecer o cambiar convicciones y pensamientos, a través de ciertas vivencias personales donde se sienten partícipes de la relación.

### 3.4.2 *Análisis e interpretación de la información.*

¿Cómo proceder una vez seleccionadas las unidades de análisis? Para dar respuesta a la pregunta anterior, la información proporcionada por los participantes se clasificó de acuerdo a las categorías de análisis y se adelantó el ejercicio interpretativo de plasmar en forma narrativa los enunciados de los participantes de tal manera que exalte su voz, al igual que la de la investigadora y la relación con el marco teórico.

Para la primera categoría, *Explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural: una manera de ejercer la participación ciudadana mediada por las diferencias*, se analizaron aquellas unidades análisis productos de los grupos de discusión (GD1 Y GD2) y de las plenarios (P1 y P2) en las que se aborda el conflicto de las posturas de Galileo y de las sagradas Escrituras defendidas por Ptolomeo en torno al movimiento de la Tierra. Sin embargo, es de destacar que el conflicto señalado no era objeto de análisis exclusivo, además de lo anterior, en las frases o enunciados se debía percibir la comparación de la controversia con otras dinámicas insertas en la sociedad. Así mismo, se retomaron las unidades que ponían de manifiesto la forma consensuada de solucionar dicho conflicto.

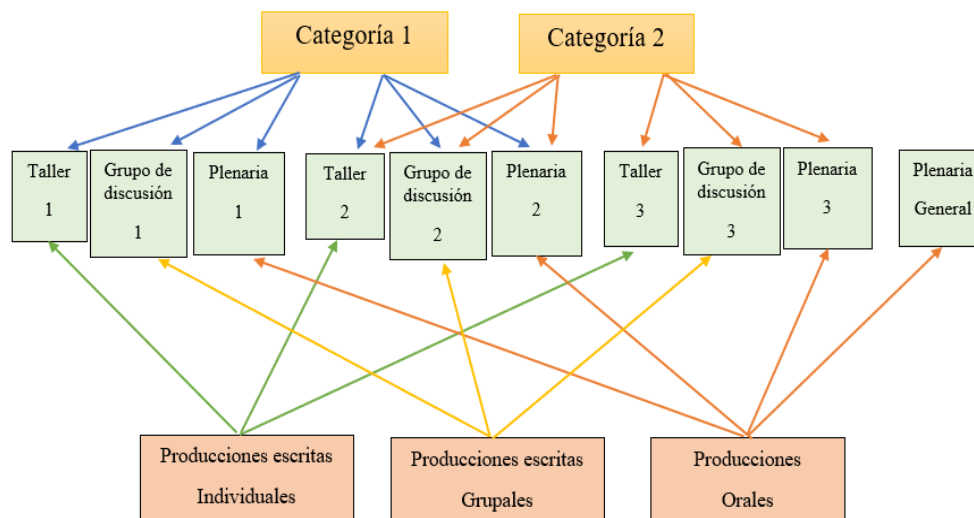
Para la segunda categoría, *La experimentación como escenario de construcción social de explicaciones científicas: una forma de Pluralismo y transformación social*, sirvieron de objeto de análisis aquellos enunciados producto de la segunda y tercera plenarios (P2 y P3) donde se resaltaba el papel de la experimentación como una manera de movilizar pensamientos alrededor del reposo o movimiento de la Tierra; además, se privilegiaron aquellas unidades donde, a la luz de los instrumentos físicos como la esfera armilar y el péndulo de Foucault, se ponía de manifiesto que tanto el valor del argumento como la manera de comunicarse desempeñan una función importante a la hora ratificar o cambiar convicciones y pensamientos.

### 3.4.3 *Triangulación de la información.*

Las investigaciones de corte hermenéutico analizan y construyen conocimiento a partir de procesos ampliamente interpretativos. En este sentido, la validez y la confiabilidad de la

investigación está en concordancia con la rigurosidad que imprime el investigador (Cisterna, 2005). Una manera ineludible de ganar consistencia y solidez a la investigación es la triangulación hermenéutica. Según Cisterna (2005), la triangulación es la acción de reunión y articulación dialéctica de toda la información surgida de la investigación por medio de instrumentos, métodos y marco teórico, y que en esencia constituye el cuerpo de resultados de la investigación. Teniendo en cuenta las ideas anteriores y como una manera de aumentar la credibilidad, rigurosidad del análisis y la validez de la investigación, y simultáneamente minimizar la subjetividad, se adelantaron procesos de triangulación de la información entre instrumentos, métodos como los talleres, grupos de discusión y plenarias, y con las categorías de análisis descritas en el marco teórico. Esto permite constatar que la información obtenida en cada uno de los instrumentos guarda relación con los objetivos de la investigación y al mismo tiempo precisar en el tiempo cómo evolucionan los discursos de los grupos participantes en la profundidad de sus argumentos, dando como resultado la pertinencia de la implementación de la propuesta pedagógica.

De acuerdo a lo anterior, en la *figura 3* se muestra la forma en la que desarrolló la triangulación de la información tanto por instrumentos, métodos y con el marco teórico. En los talleres, grupos de discusión y plenaria (métodos) del primer instrumento se obtuvo registros que sustentaron la primera categoría de análisis; en los métodos correspondientes al segundo, se adquirió información que respaldaron tanto la primera como la segunda categoría y en los métodos del tercer instrumento, la información obtenida privilegia la segunda categoría. Lo anterior, se desarrolló con la intención de que los instrumentos conversen entre sí y de manera simultánea establecer comparaciones de la información obtenida entre los diferentes métodos. Así mismo, la triangulación con el marco teórico se facilitó gracias las discusiones obtenidas por los participantes las cuales suscitaron reflexiones sobre los diversos temas de estudio identificados en las categorías y subcategorías de análisis.



*Figura 3: Triangulación de la información entre categorías, métodos e instrumentos*

Por otra parte, con el objetivo de ganar solidez en la investigación y como una manera de triangulación a juicio de expertos, todos los componentes del diseño de la propuesta pedagógica fueron sometidos a consideración durante la intervención de los seminarios de investigación con los profesores Ángel Enrique Romero y Yirsén Aguilar Mosquera, con los integrantes del grupo de investigación *Estudios Culturales sobre las ciencias y su Enseñanza* (ECCE). Adicionalmente, se tuvo la oportunidad de participar con el proyecto de investigación en ponencias tanto nacionales (9 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía. Bogotá – Colombia), (5° encuentro de grupos de Investigación. Cali- Colombia) como internacionales (X congreso Iberoamericano de Educación científica. Montevideo- Uruguay). Se anexan los certificados de participación de estos eventos (Anexo 4).



## 4. Hallazgos

El análisis e interpretación de la información obtenida tuvo lugar de acuerdo con las categorías, subcategorías e indicios de la investigación descritas en la metodología, los cuales se fundamentaron tomando como base algunos episodios de controversias históricas de la Astronomía, en particular la polémica generada alrededor de la rotación de la Tierra.

La primera categoría: *Explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural: una forma de favorecer la convivencia a partir de las diferencias*, busca entender la ciencia no sólo a partir su aspecto disciplinar, sino también desde los aspectos históricos y filosóficos que fundamentan la actividad científica; en este sentido, las explicaciones científicas no se toman como un producto acabado, sino que el conocimiento científico se convierte en un proceso de construcción social de explicaciones, y estas como discursos de los fenómenos naturales, que desde perspectivas particulares se validan y consolidan permeados por acciones por acciones de confianza, respeto, reconocimiento de las diferencias y participación generando de esta manera ambientes de convivencia en las comunidades científicas.

La segunda categoría: *La experimentación como escenario de construcción social de explicaciones científicas: una forma de pluralismo y transformación social*, busca entender la relación intrínseca entre la teorización y la experimentación mediada por procesos de argumentación; en este sentido, el concepto de experimentación se aleja de la idea de corroboración de teorías científicas mediante un instrumento material en un espacio físico, para asumir una idea en la cual la experiencia se convierte en un escenario donde la argumentación, el consenso y los ambientes de respeto y buenos modales desempeñan una función primordial para la legitimación de teorías científicas.

A continuación, se presentarán con profundidad los hallazgos correspondientes para cada una de las categorías de análisis de la investigación.

## **6.1. Explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural. Una forma de favorecer la convivencia a partir de las diferencias.**

Como fundamento de análisis e interpretación de la primera categoría se seleccionaron los discursos de los participantes a la luz de las siguientes subcategorías que establecen la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana. *Carácter controversial de las visiones de mundo ptolemaica y copernicana como fundamento para el reconocimiento del otro y Flexibilidad intelectual como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales*

### *6.1.1 Carácter controversial de las visiones de mundo ptolemaica y copernicana como fundamento para el reconocimiento del otro*

Las teorías científicas que conocemos en la actualidad no son producto de una sola mirada de pensamiento, ellas han sido el resultado de una transformación tanto de perspectivas como de ideologías a lo largo de la historia. Tal como lo menciona Fleck (1986) el conocimiento científico es el producto del resultado histórico del pensamiento y en este proceso de cambio, la comunicación y el lenguaje se configuran como parte esencial que privilegia un ambiente de convivencia.

En particular en este desarrollo histórico de la actividad científica han estado presentes las controversias como una forma de construir el conocimiento. Como se mencionó en el capítulo del marco teórico, una de las controversias que más ha sido divulgada a lo largo de la historia, es la protagonizada por el científico Galileo Galilei y la máxima instancia de la iglesia católica alrededor del reposo o movimiento de la Tierra. En la antigüedad se encontraba instaurado como verdad el hecho que la Tierra era el centro del universo y que tanto el Sol, como el resto de los planetas giraban alrededor de ella (Teoría ptolemaica). Sin embargo, teniendo como fundamento las observaciones y experiencias, y valiéndose de diferentes estrategias, el famoso científico contradice y discute los planteamientos que ya estaban establecidos y considera una nueva mirada del mundo (Teoría Copernicana).

La teoría de la inmovilidad de la Tierra fue postulada por Aristóteles quien apeló a los sentidos para fundamentarla y validarla. Años después fue defendida por Ptolomeo y aceptada por la iglesia, instancia religiosa que sustentó la teoría en las sagradas escrituras convirtiéndose de esta manera como una única forma de ver y entender el mundo (Silva, 2016).

Ahora bien, la controversia no sólo obedece a la polarización y disputa entre Galileo y la iglesia católica, sino a la manera en que se puso en escena estrategias discursivas y sociales para intentar conciliar, reconocer y convencer al otro de la movilidad o inmovilidad de la Tierra. Entre estas estrategias se encuentra la carta que Galileo escribió a la señora Cristina de Lorena, gran Duquesa de Toscana (Stengers, 1989).


Las consideraciones anteriores constituyeron los propósitos principales del primer instrumento de implementación de la propuesta de investigación. El instrumento presentó un fragmento de la carta de Galileo en el cual se exponían argumentos en defensa del modelo propuesto por Copérnico. Así mismo, Galileo en esta carta hacía explícitos sus pensamientos y sentimientos frente a las acusaciones que le impartían los oponentes de este modelo. A la luz de lectura de la carta, los grupos respondían preguntas tales como:


¿Cuáles argumentos pondría Usted en escena para contradecir o defender los argumentos presentados por Galileo? ¿Considera Usted que los argumentos presentados por Galileo contribuyen al reconocimiento de sus oponentes? ¿De qué manera?

¿Cuáles son los argumentos que utiliza Galileo para justificar que lo que dicen las Sagradas Escrituras no entra en conflicto con sus observaciones y demostraciones?

Las consideraciones y circunstancias expuestas en la carta se evidencian también en las dinámicas sociales. ¿Qué argumentos y estrategias pondría Usted en práctica para dirimir o conciliar un conflicto como en el que estuvo involucrado Galileo?

Los siguientes son los indicios que perfilan las respuestas de los participantes, las cuales se constituyeron en objetos de análisis para esta subcategoría

 Identifican diferentes perspectivas del mundo como parte fundamental de una controversia.

 Consideran que Galileo reconoce a sus oponentes y busca estrategias para conciliar con ellos.

Después de analizar los argumentos presentados en la carta por Galileo y como repuesta a la pregunta ¿Cuáles argumentos pondría usted en escena para contradecir o defender los argumentos presentados por Galileo? ¿Considera Usted que los argumentos presentados por Galileo contribuyen al reconocimiento de sus oponentes? El Grupo 3 hace el siguiente aporte.

[...] eso está en las sagradas escrituras y así es, ¿por qué lo vamos a poner en tela de juicio si ya está escrito ahí? Entonces la equivocación es la de satanizar de alguna manera el pensamiento del otro, entonces más que decir que Ptolomeo hace cien años lo dijo, era porque estaba en la biblia, por eso ellos lo creían verdad completamente [...] Con respecto a sus oponentes, estaban guiados por lo que la religión planteara; lo que no era expuesto en las escrituras no servía [...] (Grupo 3, P1.)

En la medida que en esta época de Galileo prevalecía y era imperante el dogma religioso, para este grupo los oponentes son aquellos que contradecían los principios y postulados de las sagradas escrituras, pues ellas eran consideradas como fuente única de conocimiento sin forma de conciliación ni manera de llegar acuerdos. Puede considerarse, en este sentido, que el concepto de “reconocimiento de los oponentes” lo relacionan con la existencia del mismo. Al parecer, para ellos la controversia no obedecía a la discusión y puesta en escena de dos perspectivas de mundo sino a la imposición de una de ellas respecto a la otra que se considera inferior por una instancia de poder.

Estas posturas se alejan de lo que Elizalde y Donoso (1989) consideran como democracia y participación para el desarrollo de una sociedad. Para estos autores la democracia es una construcción social de la verdad y no la simple aceptación de una idea donde quienes participan terminan convirtiéndose en objetos de la comunidad y no sujetos de ella.

De manera contraria a las ideas del grupo anterior, el Grupo 2 reflexiona sobre la clase de oponentes que tenía Galileo en aquel contexto

No necesariamente lo que no esté en la biblia es directamente un oponente. En esa época todos tenemos en cuenta que la biblia era como la máxima autoridad por decirlo así y también los reyes y la jerarquía. Sin embargo, existían oponentes dentro de los mismos científicos y dentro de los mismos colegas, porque es que ellos sobresalían de acuerdo a las investigaciones que desarrollaban y muchos no aceptaban la capacidad... no sé, intelectual superior a la de otro, quizás a veces entorpecían el trabajo de sus mismos compañeros [...] entonces no necesariamente el oponente es aquel que sea religioso o que no esté constatado en la biblia, sino que también podemos encontrar oponentes dentro de la misma comunidad. (Grupo 2. P1)

En concordancia con lo anterior, el Grupo 1 presenta algunos tipos de oponentes que tenía Galileo en medio del conflicto en el que se vio involucrado. Para este grupo, el término “oponentes” dista de los planteamientos de las sagradas escrituras como lo plantea el Grupo 2.

[...] hay tres clases. En lo social él tenía los oponentes que se le oponían a sus ideas simplemente por la ideología imperante de la época. En el plano científico, había científicos que tenían algunas teorías físicas que eran anteriores, que habían estudiado y que defendían, y los modelos de Galileo en cierta medida revolucionaban eso [...] y los oponentes a sus planteamientos o a su obra como tal. (Grupo 1. P1).

Los oponentes para este grupo, se pueden clasificar de una forma bien diferenciada dependiendo del contexto que surjan. Se tienen aquellos que surgen en los contextos sociales, políticos, económicos y religiosos; otros presentes en las comunidades de la actividad científica y, por último, los oponentes que se originan como resultado de la perspectiva teórica en particular. Esta postura se encuentra en concordancia con Acevedo *et al* (2016), quienes citando a Mchullin (1987) reflexionan sobre los tipos de controversias presentes en la actividad científica, entre las cuales consideran: las controversias que se originan a partir de los resultados obtenidos y la interpretación de los hechos, las que surgen de desacuerdos sobre aspectos teóricos, aquellas referidas a la confrontación de ciertos aspectos metodológicos y ontológicos subyacentes en toda actividad investigadora, y por último, se encuentran las controversias mixtas, en las que confluyen diversos ámbitos sociales.

Existen dentro de los contextos socioculturales diversas formas de percibir el mundo y frente a esta variedad de estilos de pensamientos se pueden generar conflictos. Las comunidades científicas no están exentas de estos conflictos que generalmente emergen y están determinados por intereses sociales, religiosos, políticos e incluso intelectuales. Sin embargo, como menciona Acevedo *et al* (2016) las controversias son necesarias para la construcción del conocimiento y el avance de la ciencia y ponen en evidencia los conflictos como algo natural dentro de esta comunidad. Una controversia está determinada cuando existen diferentes posturas frente a una misma situación de manera que cada una de las partes presentes en la controversia pretende defender sus ideas y pensamientos, para lo cual se valen de un sinnúmero de estrategias y argumentos.

A la hora de tramitar las diferencias emergentes de ciertas controversias, es importante poner en acción habilidades relacionadas con el reconocimiento del otro, el respecto por las diferentes posturas planteadas, y la capacidad de discernimiento al momento de tomar decisiones, todo esto a la luz de escenarios forjados desde el argumento y de estrategias de convencimiento, es en este sentido donde se contribuye de manera gradual a consolidar miradas, pensamientos y sentimientos característicos de esta clase de conocimiento.

De acuerdo con lo anterior, a la pregunta del Taller 1 que inquiriere acerca de que Galileo reconozca a sus oponentes en medio de la controversia en que participa, el Grupo 1 nos dice:

Sí los reconoce en tanto busca llegar a un consenso y plantea argumentos, en tanto busca conciliar con el otro, pues uno no puede conciliar con otro que no reconozca [...Galileo] trataba de mediar con ellos, de llegar a un consenso, de llegar a uno acuerdos de ...no sé, de pensamiento. (Grupo 1. P1)

Para este grupo, el reconocimiento de oponentes al interior de una controversia se encuentra estrechamente relacionado con asuntos de convivencia; para ellos, reconocer al otro es entender sus puntos de vista, es comprender que, aunque se piense de manera diferente siempre puede existir la manera de llegar acuerdos y convivir. Esta postura entra en concordancia con autores como Mockus (2002) y Elizalde y Donoso (1998), quienes entienden la convivencia como la forma efectiva de vivir en comunidad teniendo tolerancia por la diversidad y la cual se fundamenta en la comunicación y el lenguaje.

Galileo en medio de la controversia encontró la manera de tramitar las diferencias desde un escenario dialógico y de persuasión, mediante la escritura de cartas. Bajo esta estrategia, intenta conciliar con sus oponentes a la espera hacerlos conscientes de la buena interpretación de las sagradas escrituras. En ese sentido, pone de manifiesto que tanto sus ideas como demostraciones con relación al movimiento de la Tierra, no entran en conflicto con los postulados mencionados en las sagradas escrituras.

Frente a este aspecto durante la Plenaria 1, Hipatia, portavoz del Grupo 1 menciona:

[...] los argumentos que tiene la carta si son pertinentes porque para que... pues lo que él trataba de exponer ahí no era sus afirmaciones, hallazgos o creencias sobre el movimiento planetario; lo que él quería mediar con los oponentes, era esa parte de si iba en contra o no de las escrituras y por lo tanto me parece antes muy inteligente haber usado las mismas escrituras para haberse defendido. (Grupo 1. P1)

Las reflexiones que surgen de los participantes, devienen de una relación de la ciencia con la sociedad; para ellos, las controversias existen en diferentes campos de las comunidades y están permeados por la época y el lugar que se vive. Si bien en tiempos de Galileo la controversia generada alrededor del movimiento de la Tierra marcó un hito histórico, la forma de actuar con el otro y la manera de relacionarse y aceptar aquellos que piensan diferente no es inherente a una época o a un lugar determinados.


### *6.1.2 Flexibilidad intelectual como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales*


En relación con las reflexiones anteriores sobre las diferentes formas de pensamiento referente al movimiento de la Tierra, en 1632 Galileo configura una nueva estrategia discursiva en la que se privilegia el argumento, basado en observaciones, razonamientos y demostraciones, para lograr convencer a sus oponentes acerca de su perspectiva de movilidad de la Tierra. Dicha estrategia se materializó en la escritura de los “*Diálogos entre los grandes sistemas del mundo: Ptolemaico y Copernicano*”

La idea anterior constituye uno de los propósitos del segundo instrumento de

implementación de la propuesta de pedagógica de esta investigación. Este instrumento presenta un taller con algunas preguntas, las cuales los participantes deben responder a la luz de la lectura de un fragmento del Diálogo de Galileo. En este fragmento se evidencia el conflicto que subyace a las perspectivas diferentes de ver y percibir el mundo. Así mismo, se contemplan las estrategias ideadas por Salviati para intentar solucionar dicho conflicto.

De manera similar a la subcategoría anterior, los siguientes son los indicios que concretan las respuestas de los participantes, las cuales se constituyeron en objetos de análisis para esta subcategoría

 Proponen solucionar conflictos mediante estrategias discursivas y las relaciona con otras dinámicas sociales

 Reconocen que la solución de un conflicto esta permeada por un escenario dialógico.

A la pregunta del Taller 2 discutida y analizada en la Plenaria 2 ¿de qué manera la forma como se presenta y desarrolla el Diálogo contribuye a solucionar el conflicto expuesto?, el Grupo 2 presenta el siguiente argumento:

[...] conciliando ambos modos de pensar, de tal modo que se evalúen, se desmenucen, combatan las concepciones establecidas, etc. Podemos ver un entramado en el que uno escucha atentamente mientras el otro expone sus argumentos y un tercero que no está a favor de nadie, sin embargo, ayuda a que dichos argumentos queden claros. (Grupo 2, P2)

Para este grupo, el Diálogo recrea un escenario basado en la argumentación, el debate y la conciliación, pues allí no sólo se pone de manifiesto argumentos en defensa tanto del reposo como el de la movilidad de la Tierra, sino que también se presenta un ambiente donde se privilegia el respeto y la cordialidad en busca de un consenso.



En atención a lo anterior y de manera análoga con los planteamientos del Grupo 2, el Grupo 3 expresa argumentos donde resaltan la estrategia de Salviati y la forma apropiada de proceder en la solución del conflicto:

Nosotros veíamos en esa parte cómo el diálogo contribuye a solucionar el conflicto; era más como en el peso del argumento, porque Salviati hubiera podido decir: “yo no estoy de acuerdo con que la Tierra esté quieta y ya, y eso es lo que yo pienso”. No, él no hizo eso; él utilizó esos argumentos no de manera apresurada, sino que se tomó el tiempo para explicar por qué y por eso yo digo que es una manera de llevar una discusión pero precisamente resaltando eso [...] no fue apresurado para Salviati decir no estoy de acuerdo contigo y ya [...] en ningún momento mencionó que no estaba de acuerdo, sino que mencionó su manera de pensar y la argumento, eso es lo que yo quería resaltar ahí que no puede decir que no y ya. (Grupo3, P2)

Es precisamente en este proceso argumentativo para lograr convencer al otro, que se inserta en el diálogo una estrategia en la solución de conflictos como es la mediación. Según el Grupo 2, este mediador es neutral, es decir, no está a favor ni del uno ni del otro; sin embargo, contribuye a la solución del conflicto desde las reflexiones de los argumentos de ambas partes.

Ahora bien, cuando se cuestiona si la manera de presentar y desarrollar el Diálogo se puede evidenciar en otras dinámicas sociales los grupos anteriores presentan las siguientes ideas:

[...] se puede evidenciar en otras dinámicas sociales como la política, la educación, la vida cotidiana, tales como estar a favor o en contra del aborto, a favor o en contra de las diversidades sexuales, la libertad de pertenecer a X o a Y culto, etc. (Grupo 2, P2)

De forma similar el Grupo 3 dice:

Para llegar a esos consensos de lo que son las cosas, observamos que se evidencia los debates, pusimos como ejemplo la alimentación y la siembra [...] porque creemos que en ambos está la teoría, pero también hay unos hechos, una experimentación. Como por ejemplo hay unas teorías de alimentación que dicen esto, entonces la gente según como se alimente va observando cambios en su cuerpo y en la siembra; por ejemplo a la hora de disponer tal cultivo, dónde van a recibir más sol. Bueno en todo eso nosotros observamos que se pueden dar unas disputas donde hay puntos de vista en los cuales se busca pues la solución que mejor sea para la sociedad, como cuál es la forma más apropiada para alimentarnos o la forma más apropiada para sembrar. (Grupo 3, P2)

Lo anterior permite considerar que los conflictos se pueden evidenciar en varias situaciones de la vida cotidiana y la manera de acercarse a su solución se relaciona con la estrategia propuesta

por Galileo en su Diálogo. Sumado a los argumentos anteriores, el Grupo 1 pone de manifiesto situaciones emergentes de los contextos socioculturales en los que se pueden solucionar conflictos mediante estrategias discursivas:

[...] nosotros poníamos que el Diálogo siempre busca que se reconozca las posturas de ambos y se llegue a un consenso con ello. La idea es intentar persuadir al otro con el discurso no con la imposición, lo que hacía Salviati no es simplemente porque yo lo digo, sino que lo iba llevando, lo iba llevando... y consideramos que sí se puede evidenciar en otras dinámicas sociales por ejemplo, un juicio donde hay unos opuestos, uno que defiende una postura, y otro que defiende otra y hay un mediador que es el juez; por ejemplo cuando se está haciendo un trabajo en equipo, que lo que se busca es dadas diferentes posturas llegar a un consenso.

**Inves:** en el diálogo cuáles serían los opuestos

**G 1:** Simplicio y Salviati

**Inves:** ¿y el juez?

**G 1:** Sagredo (Grupo 1, P2)

Interesantemente, este grupo identifica claramente la estrategia de Galileo extrapolando los roles de los personajes del Diálogo en otras situaciones de los contextos socioculturales. En contraste, el Grupo 2 y 3, pese a proyectar el conflicto en el que estuvo involucrado Galileo en otras dinámicas sociales, no explicitan los roles de los personajes de la estrategia fraguada en el Diálogo en dichas dinámicas.

Estos mecanismos de solución de conflictos identificados en los argumentos de los grupos participantes, conversan con las posturas de autores como Elizalde y Donoso (1998) y (Chaux *et al* (2004), los cuales plantean el discurso y el diálogo como forma de llegar acuerdos de manera voluntaria dejando de lado cuestiones que emergen de entes sociales dominantes; en este sentido, y sumado a los planteamientos de Benítez (2017), la solución de los conflictos no implica ceder ante los argumentos del otro sin razones ni fundamentos, ni mucho menos dejar la idea preponderante de tener un vencedor, es llegar a una solución de forma consensuada expresando pensamientos y sentimientos y al mismo tiempo escuchar los de los demás.

Ahora bien, para forjar una sociedad democrática y participativa no sólo es importante saber reconocer las maneras adecuadas de solucionar las diferencias, es importante también proponer mecanismos y estrategias que favorezcan las dinámicas sociales con acciones de armonía y que favorezcan la sana convivencia. En este sentido, al interrogante ¿qué argumentos y

estrategias pondría usted en práctica para dirimir o conciliar un conflicto como en el que estuvo involucrado Galileo?, los grupos participantes mencionan:

Lo primero que se debería hacer es mediar a partir del dialogo. [...] A partir de ese dialogo buscar un consenso entre esas dos posturas. Si no se da ese consenso hay dos opciones: la primera buscar contradicciones en los argumentos del otro, decirle: “si ve amigo, está equivocado, ahí se contradijo”; y ya la otra sería decidir que ambas posturas pueden coexistir y decidir de qué manera pueden coexistir. (Grupo1, P1)

Para el Grupo 1, la estrategia que ellos consideran pertinente es la de persuasión y convencimiento por medio del diálogo para llegar a un consenso o aceptar convivir con sus diferencias, es decir, para convivir en medio de la diferencia es necesario tener tolerancia por el pensamiento del otro; la flexibilidad intelectual en este sentido no incurre tanto en cambiar los modos de pensar sino en la capacidad de convivir en medio de la diversidad. En atención a lo anterior, Magendzo (2005) considera necesario convivir con la diversidad, pero esta convivencia no puede ser fraguada desde la imposición ni la obligación sino desde el compromiso y la responsabilidad, que nos enriquezca pero que no esté condicionada a este enriquecimiento, con quebranto de identidad, pero sin abandono de ésta.

Continuando con la misma línea de análisis, consideremos ahora la estrategia que nos presenta el Grupo 2:

Para conciliar un conflicto como en el que estuvo Galileo, consideramos importante los razonamientos lógicos de cada parte, mostrando posiciones con buenas bases, pretensiones reflexivas y mostrar lo importante que es el estudio del campo tratando; con altura y sin desprestigiar los otros pensamientos, que sea convincente con el discurso que se maneje, manifestando juicios significativos, claros y seguros sobre sus estudios (Grupo 2, P1)

En concordancia con el Grupo 1, en estas consideraciones se puede evidenciar la importancia de las buenas razones y la fuerza del argumento para dar solución a un conflicto, para este grupo la persuasión y el convencimiento subyacen de los buenos argumentos de las partes involucradas. Esta perspectiva la resalta Toulmin (2003), quien sostiene que las razones tienen un papel esencial en las actividades humanas, de ellas depende que el discurso tenga el cuerpo y la fuerza necesaria para ser convincente “los argumentos razonables y bien sustentados, lo que se puede identificar como el conocimiento práctico, tenían tanta aceptación como las demostraciones

matemáticas más rigurosas” (Chamizo, 2007, p.135). Es decir, la manera de comunicar las ideas es tan importante para la aceptación de un evento o una teoría como su razonamiento lógico. Situación que se puede ser utilizada a la hora de solucionar los conflictos.

Una adecuada comunicación no sólo privilegia escenarios de permea acciones de convivencia, sino que también permite entender y comprender los pensamientos y sentimientos del otro. Según Santiesteban (2004), la comunicación es un proceso de intercambio de maneras de percibir el mundo para compartir conocimiento que posibilita un aprendizaje crítico; es dialogar, debatir, tomar decisiones, reconocer valores presentes en las acciones son importantes para edificar una convivencia.

Todas las observaciones anteriores se relacionan también con la participación de los sujetos en la sociedad para desplegar una buena convivencia. En este sentido, el Grupo 3 nos presenta una estrategia discursiva donde prima las relaciones humanas, si bien la estrategia también está enmarcada bajo la argumentación, es importante resaltar en este apartado la apuesta por el debate entre expertos como modos de persuasión y convencimiento:

En las dinámicas sociales, haríamos una charla donde cada una de las partes, un científico experto en Astronomía y un Teólogo, expongan los argumentos que ellos sostienen. Se trataría de tomar posturas, analizarlas y de esta sacar la que según cada sujeto acomode a los hechos. (Grupo 3, P1)


## **6.2. La experimentación como escenario de construcción social de explicaciones científicas: una forma de Pluralismo y Transformación social**


Análogamente a la categoría uno, para el análisis e interpretación de la segunda categoría se seleccionaron los discursos de los grupos participantes que establecen la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana alrededor de las siguientes subcategorías: *observaciones y demostraciones físicas acerca del movimiento y reposo de la Tierra como fundamento para movilizar consensos y El carácter discursivo de la esfera armilar y el péndulo de Foucault como medio para fortalecer o cambiar convicciones y pensamientos.*

### *6.2.1. Observaciones y demostraciones físicas acerca del movimiento y reposo de la Tierra como fundamento para movilizar consensos*

Como se ha mencionado anteriormente, Galileo fraguó diferentes estrategias para intentar convencer a sus oponentes de la movilidad de la Tierra, por lo tanto, hablar de las experiencias físicas era importante para recrear un escenario que privilegiaba el consenso. En el Diálogo de Galileo se muestran algunas experiencias físicas presentadas tanto por Salviati como por Simplicio para intentar convencer al otro de la validez de cada una de las teorías; en este sentido, estas experiencias puestas en escena, ponen de manifiesto dos estilos de pensamiento alrededor del reposo o movilidad de la Tierra.

Estas ideas se consideraron en el segundo instrumento de implementación de la propuesta de investigación descrito anteriormente. Los indicios que se identificaron para el análisis para esta subcategoría, se presentan a continuación.

 Establecen relaciones entre los diferentes estilos de pensamiento con las experiencias físicas

 Proponen experiencias físicas como estrategia discursiva para movilizar consensos

En el Diálogo se exponen argumentos tanto a favor del movimiento de la Tierra (expresados por Salviati), como a favor del reposo de la misma (planteados por Simplicio). A la pregunta ¿cuál argumento, de cada una de estas perspectivas, considera usted es el más potente para convencer a su ponente y por qué?

El Grupo 3 manifiesta:

Simplicio propone lo siguiente, si nosotros arrojamos una roca desde la cima de una torre vamos a observar que la roca cae paralela a la torre y perpendicular a la Tierra, lo que garantizaría que la tierra permanece inmóvil. (Grupo 3, P2)

En estas líneas se percibe que Simplicio basado en la observación directa del fenómeno, intenta garantizar el reposo de la Tierra dejando contemplar un estilo propio de pensamiento. Así mismo, Salviati presentando otros argumentos deja ver el suyo apelando a la experiencia física vista desde otra perspectiva.

En atención lo anterior, el mismo grupo nos muestra los argumentos presentados por Salviati

Salviati propone entonces que si analizáramos este sistema en movimiento, entonces tendríamos dos casos [...] Supongamos que el sistema está quieto, entonces vamos a observar que la piedra va a caer de manera paralela y perpendicular a la tierra, ¿cierto?; si ponemos el sistema en movimiento, si es una persona que se encuentra en el mismo sistema, entonces ¿qué va a pasar? Lo que va a observar es lo mismo, va observar que la piedra va paralela y perpendicular; entonces nosotros lo que decimos es que el argumento más que encontrar una contradicción o afirmar que la tierra está quieta, lo que hace es abrir otra posibilidad [...] Lo que se observa no necesariamente quiere decir que la tierra esté quieta, pero tampoco es un argumento suficiente para decir que la tierra en ese momento está girando. (Grupo 3, P2)

En estas líneas se puede percibir que para una misma experiencia se pueden interpretar varios escenarios, y para cada uno de ellos existen explicaciones que pueden llevar a contradicciones en las teorías del otro en busca de lograr un consenso o por lo menos de hacerle dudar. En ambas posturas la experiencia física tiene sentido aún con hipótesis diferentes. Ahora bien, no se trata entonces de mirar la validez de la experiencia sino de percatarse de cómo las observaciones que cada uno de los personajes realiza dependen de un estilo de pensamiento propio y de cómo el peso del argumento desde las diferentes perspectivas es eficaz y contundente para movilizar el pensamiento del otro.

Estos pensamientos se comprenden adecuadamente desde la propuesta de Fleck. Dicho autor menciona que la observación esta permeada por decisiones y hábitos propios de un estilo de pensamiento, es por ello que no existe una observación libre de presupuestos, esta observación es una habilidad adquirida con la praxis y con la introducción de la teoría y la práctica en experiencias de campo. Sin embargo, mientras aumenta la habilidad de la observación, la cual Fleck llama observación con sentido científico, se pierde la capacidad de ver las cosas que contradigan las observaciones (Fleck, 1986).

Para Salviati, la capacidad de argumentación está basada en la habilidad de persuadir al otro con el discurso sin afirmar con certeza sus teorías ni sus observaciones, deja un panorama más amplio en su retórica argumentativa, busca generar algo de duda en Simplicio. Para el Grupo 3, Salviati no busca convencer a Simplicio explícitamente de sus teorías, sino que expresa otras perspectivas y otras posibilidades bajo la misma experiencia física; entonces a la pregunta mencionada anteriormente, este grupo manifiesta que los argumentos no son contundentes para convencer a Simplicio, sino que deja de manifiesto otras miradas que posibilitan otros pensamientos.

A continuación, se presenta los comentarios hechos por el Grupo 3 durante la plenaria 2 con relación a la contundencia de los argumentos de los interlocutores del Diálogo para el convencimiento del otro:

Nosotros lo que decíamos era que no era contundente para tumbar la teoría del otro y decir contundentemente que la tierra estaba quieta; no se podía utilizar para tumbar ese pensamiento [...] abre otra posibilidad, cambia el pensamiento. Por eso era que nosotros decíamos en ese caso que si la discusión no era realmente contundente para tumbar la idea del otro [...] nosotros lo vemos es como que abre otra posibilidad para que la persona tenga otra opción de pensamiento. (Grupo 3, P1)

Buscar contradicciones en los argumentos de Simplicio es precisamente una de las estrategias discursivas que utiliza Salviati a lo largo del desarrollo del Diálogo. De esta manera se evidencia un escenario participativo donde ambas partes exponen sus puntos de vista con relación a la experiencia física y procuran escuchar los del otro.

En concordancia con lo anterior, el Grupo 1 nos presenta las siguientes ideas.

Salviati no buscaba argumentos que llevara a sustentar que la tierra se movía, sino que lo que estaba haciendo era llegar a una contradicción del otro. (Grupo 1, P1)

Para este grupo, Salviati busca con sus argumentos, y tomando como referencia las experiencias físicas, encontrar contradicciones en las palabras de Simplicio, con el propósito de comprender la relación entre sus observaciones y su estilo de pensamiento. Simplicio tenía en su pensamiento la clara idea del reposo de la Tierra y así lo manifestaba con sus argumentos, y lo explicitaba en sus observaciones; pero precisamente esa “forma de ver” le cegaba la posibilidad

de considerar otras teorías que se podrían interpretar de las experiencias y las observaciones, considerando de esta manera otra mirada acerca del movimiento de la Tierra.

De manera análoga al Grupo 2 y el Grupo 3 comenta lo siguiente:

[...] Decimos que Simplicio presenta los argumentos Aristotélicos, los expone para decir que eso es lo que ellos piensan; con firmeza demuestra que la tierra está inmóvil. Salviati procura encontrar en estos un error; supone que la tierra está inmóvil para demostrar que la tierra está inmóvil, hace la demostración con la tesis [...] Simplicio al pensar en el argumento que expone Salviati, recapacita y se da cuenta que los argumentos Aristotélicos tienen ese error, mostrando desde la experiencia lo forzoso que se ve afirmar que la tierra está inmóvil. (Grupo 2, P2)

Para este grupo, la manera en que se presentan los argumentos por parte de Salviati no se enmarca desde la imposición ni se tramitan de forma imperiosa, sino que desde la puesta en escena de puntos de vista con relación en los razonamientos de Simplicio y el diálogo; Galileo, en boca de Salviati intenta transformar modos de pensar que para la época ya estaban establecidos. En este sentido, el peso del argumento es importante a la hora de movilizar pensamientos, pues sólo en un ambiente donde se privilegia el discurso, los buenos procesos comunicativos, la armonía y el respeto por los pensamientos del otro se puede llegar a movilizar ideas, sentimientos y formas de percibir el mundo.

Las anteriores ideas suponen que las experiencias físicas son una estrategia discursiva para hablar de un fenómeno científico. En este sentido, la experiencia no se muestra como una manera de comprobar teorías, sino que se convierte en un espacio que privilegia el argumento y la discusión. En este orden de consideraciones, García (2011), fundamentado en la propuesta de Hacking, resalta el rol de la experimentación en la construcción del conocimiento científico desde una perspectiva filosófica, se trata de generar condiciones específicas para que el experimento tenga vida propia y se puedan observar los comportamientos de la naturaleza, alejando la concepción que se tiene de la experimentación como papel secundario de la teoría.

Las ideas anteriores están en concordancia con las posturas de autores como Romero y Aguilar (2013); Romero *et al.*, (2017). Para estos autores, la experimentación es un generador de condiciones donde se movilizan consensos en pro de la validación de teorías científicas



configurando un espacio propicio para debates, para llegar a puntos de vista común con argumentos, con acciones comunicativas y de manera consensuada, atendiendo a las diferentes formas de percibir y ver la experiencia.

En este sentido, el Grupo 3 imprime una mirada a las observaciones de la experiencia física presentada tanto por Simplicio como por Salviati:

[...] Los análisis hechos por Simplicio se limitaban a fenómenos terrestres, lo que dispone que sean analizados por un observador en el mismo sistema, mientras que los análisis hechos por Salviati abren la posibilidad de un observador externo al sistema [...] Simplicio proponía que el observador estaba siempre en este mismo sistema cuando uno arrojaba la roca desde la cima de la torre; si nosotros saliéramos de este sistema, nosotros como observadores de este fenómeno y este estuviera en movimiento, nosotros lo que observaríamos es que la roca describe un movimiento semiparabólico, que fue lo que logró observar Salviati en ese entonces; entonces por eso creemos que ese argumento [...] cumple con ese fin, de apoyar el debilitamiento de esa hipótesis, el de la inmovilidad de la Tierra. (Grupo 3 P2)

Como complemento y proponiendo una experiencia física diferente a las presentadas en el Diálogo, el Grupo 2 describe la manera en que se puede mostrar el mismo fenómeno para propiciar un escenario discursivo con el ánimo de llegar a un acuerdo, tomando como base los sistemas de referencia:

Suponga que usted está en un carro y va a velocidad constante en una carretera super bien pavimentada y las ventanas están completamente oscuras y usted no puede ver hacia afuera, ¿cómo diría que se está moviendo, como diría usted que el carro se está moviendo, si usted está velocidad constante y van en una carretera completamente pavimentada y usted no fue a ver hacia afuera? (Grupo 2, P3)


Lo anterior permite evidenciar que la estrategia argumentativa que se percibe en el desarrollo del Diálogo y la cual los grupos participantes resaltan, no sólo obedece a mirar un fenómeno a través de una experiencia, tal como es el caso del movimiento de la Tierra, sino que la experiencia misma se convierte en una estrategia en pro de flexibilizar modos de pensar.


### *6.2.2. Carácter discursivo de la Esfera Armilar y el péndulo de Foucault como medio para fortalecer o cambiar convicciones*

En el campo de la experimentación, los artefactos o disposiciones materiales desempeñan una función importante. Para algunos científicos estas disposiciones sirven como el medio para comprobar el fenómeno que se está experimentando, mientras que para otros los instrumentos permiten recrear condiciones para entender y explorar el fenómeno científico y se esfuerzan en mostrar cómo a través del instrumento mismo se generan condiciones que permiten entender y explorar la forma en que se produce el conocimiento científico y el proceso histórico por los cuales ha pasado para su legitimación. Ahora bien, ambas miradas están determinadas por la manera como se asume la actividad científica y se constituyen en un estilo propio de pensamiento.

En la controversia generada por Galileo y la máxima instancia eclesiástica, la iglesia católica, sobre el movimiento de la Tierra, los instrumentos materiales contribuyen a explicitar una visión de mundo. La Esfera Armilar, es un instrumento astronómico del cual subyace la visión de mundo geocéntrico; dicha idea se promulgo y fue aceptada por las comunidades hasta lograr quedar declarada en los libros sagrados. No obstante, Galileo haciendo uso de sus facultades intelectuales y habilidades discursivas imprime una nueva idea de mundo. El péndulo de Foucault es un instrumento físico que sirvió para “ver” y poner en evidencia las teorías de Galileo que tuvieron lugar el siglo XVII.

Los indicios que sobresalen a partir de las respuestas de los participantes, las cuales se constituyen en objetos de análisis para esta subcategoría, son las siguientes:

 Apelan al carácter discursivo de los instrumentos para cambiar convicciones y pensamientos.

 Proponen argumentos en defensa o en contra de las teorías ptolemaica y copernicana basados en los modelos físicos

Atendiendo al tercer instrumento de intervención por medio del cual los grupos

participantes, haciendo uso de los instrumentos antes mencionados, proponían argumentos en defensa o en contra de uno de los modelos cosmológicos, el Grupo 1 presenta el siguiente argumento en defensa del modelo geocéntrico y haciendo uso de la Esfera Armilar:

El primer argumento que vamos a presentar como grupo está basado en el instrumento, estamos acá reunidos para replicar el funcionamiento de la naturaleza por medio de la Esfera armilar. La Esfera Armilar, está construida de tal forma que exactamente describe el movimiento del sol independientemente del lugar en el que se encuentre sobre la tierra [...]observamos que está construida desde lo que ocurre en el cielo ante nuestros ojos. Así como vemos que el sol sale por el oriente y se esconden por el occidente, la esfera armilar tiene un anillo que gira de oriente a occidente; otra de las cosas también es que el horizonte está fijo en la Esfera Armilar tal como nosotros lo percibimos cuando nos ubicamos o nos paramos en este sistema. (Grupo 1, P3)

En estas líneas, el Grupo 1 hace uso de la Esfera Armilar para mostrar y declarar el funcionamiento del universo. Por medio de este instrumento argumentan el movimiento del sol alrededor de la Tierra visto desde cualquier posición sobre ella, colocando el globo terrestre en el centro del universo. Para este grupo la esfera es un modelo para simular el movimiento del cosmos ante nuestros ojos, sus argumentos están basados en los sentidos como lo hacían los Aristotélicos para defender la teoría geocéntrica. Este grupo hace hincapié que siendo observadores desde la Tierra, se percibe un horizonte estático y la bóveda celeste con todos sus astros parece moverse ante nuestros ojos.

De manera análoga y haciendo uso del mismo instrumento, el Grupo 2 propone el siguiente argumento en defensa de las teorías de Ptolomeo:

El sistema geocéntrico no se basa en suposiciones, lo que nos muestra la experiencia es que está al alcance de nuestros sentidos [...] La Esfera Armilar predice perfectamente el movimiento de todos estos astros, las estrellas, la Luna y el Sol [...] La esfera armilar predice perfectamente los equinoccios y los solsticios, ella tiene un sistema en el cual podemos ver entre los meses del año el movimiento del sol [...]Claro que el sol no describe el mismo camino siempre todos los días, él se va moviendo y la Esfera armilar predice perfectamente eso. (Grupo 2, P3).

Lo anterior permite vislumbrar la idea del modelo geocéntrico permeada por los sentidos; los acontecimientos que ocurren y se perciben a lo largo de los diferentes meses del año, como los solsticios y los equinoccios tienen lugar desde un observador en la Tierra. Para este grupo cada uno de estos fenómenos se puede predecir a partir del uso de la esfera; para ellos el instrumento

ayuda a consolidar la visión de mundo que se está experimentando y al mismo tiempo permite generar nuevas explicaciones alrededor de ella.

Autores como Malagón et al., (2013) y Romero, Aguilar y Mejía (2017) mencionan que el instrumento debe estar en concordancia con el fenómeno científico y no puede ser ajeno a él, su construcción debe privilegiar la observación a la luz de unos intereses particulares; elaborar actividades experimentales para estos autores es al mismo tiempo elaborar explicaciones científicas, lo cual entra en concordancia con los argumentos que nos presenta el Grupo 2 en el sentido que la esfera no se basa en suposiciones sino que permite desarrollar la teoría de modelo geocéntrico a partir de las observaciones y la interacción con ella.

Los argumentos presentados por los Grupos 1 y 2 a la luz de la esfera armilar, tienen como propósito fundamental cambiar el estilo de pensamiento que subyace del modelo heliocéntrico que tienen los participantes del Grupo 3.



*Imagen 8: Participantes discutiendo alrededor de la esfera armilar*

Ahora bien, como forma de propiciar un escenario de diálogo y argumentación, el Grupo

3 haciendo uso del péndulo de Foucault, expone argumentos en defensa de las teorías de Galileo para intentar convencer a los demás grupos de la validez de dicha perspectiva.

Tenemos un péndulo, el péndulo lo vamos a mover hacia el Polo Norte y vamos a ponerlo de tal manera que tenga una masa homogénea es decir que sea igual en todos sus puntos y que sea lo suficientemente pesado para que podamos desprestigiar el aire y otras cosas. El péndulo va a estar colgado de un hilo, va a estar de un solo punto y vamos a desprestigiar de donde está sujetado precisamente porque es de un solo punto. Lo hacemos oscilar y que se desplace de oriente a occidente, es decir, en el mismo ciclo que sale el Sol, el Sol sale de oriente a occidente, si nosotros dejamos el péndulo oscilar durante un tiempo digamos 24 horas ¿qué vamos a encontrar? Si la tierra estuviera quieta, encontraríamos que el péndulo va a seguir siempre la misma trayectoria, sin embargo, lo que se encuentra es que no hace la misma trayectoria sino que rota, va cambiando su sentido, entonces si la tierra está quieta, ¿qué lo hace mover? (Grupo 3, P3)

El péndulo, y la experiencia construida con él, posibilita hablar de la movilidad del globo terrestre al observar cambios en la dirección del plano de oscilación cuando se desplaza gradualmente de oriente a occidente al mismo tiempo que de evidencia la inmovilidad del plano de oscilación del péndulo. Este grupo hace uso de este instrumento físico inventado por León Foucault para fundamentar argumentos a favor de los pensamientos de Galileo y con el ánimo de posibilitar cambios en los modos de pensar en los demás grupos, configurando entonces una estrategia argumentativa para cambiar o consolidar ideas arraigadas por un acervo cultural. Esta manera de proceder se encuentra en la línea de pensamiento de autores Romero y Aguilar (2013), Romero (2013) y García (2011), los cuales resaltan en sus textos que desde las experiencias y haciendo uso de los instrumentos materiales, se configura un escenario argumentativo sobre el fenómeno del que se está hablando, con el ánimo de reafirmar o modificar concepciones ya establecidas.



*Imagen 9: Participantes discutiendo alrededor del péndulo de Foucault*

Con el fin recrear una de las estrategias discursivas propuestas por Galileo en su *Dialogo*, los grupos participantes buscan mediante argumentos basados en los modelos físicos, refutar los discursos de los demás, con el propósito de cambiar o fortalecer la idea de mundo que tienen constituida y la cual defienden haciendo uso de los instrumentos.

En este orden de consideraciones, el Grupo 3 discute los argumentados presentados por los Grupos 1 y 2 en defensa de la visión de mundo Ptolemaica:

Ustedes dicen que están basados a partir de los sentidos. Entonces, si me ubico en un barco y tengo un objeto que está en reposo con respecto a él, es decir, el objeto y yo estamos en el mismo sistema que es el barco[...] y el barco se está desplazando [...] Le hago una pregunta, una persona que esté por fuera va a percibir que el objeto está en movimiento cierto, entonces al estar yo en el mismo sistema ¿puedo garantizar que ese objeto está quieto siempre por el simple hecho de que me esté orientando por los sentidos? (Grupo 3, P3)

Con estos argumentos, el Grupo 3 despliega un cuestionamiento relacionado con los sistemas de referencia y resalta la posición del observador en la actividad experimental. La experiencia para cada uno de ellos será diferente si se encuentra dentro del sistema o fuera de él y,

por tanto, las observaciones de los fenómenos están condicionadas por el lugar desde donde se observa.

Para este grupo los argumentos que presentan los Grupos 1 y 2 están basados en experiencias físicas vistas desde la Tierra, los cuales concuerdan con los análisis realizados por Simplicio en el desarrollo del Diálogo de Galileo y como se ha dicho anteriormente, esta es una mirada que configura un estilo de pensamiento, pero no quiere decir con ello que sea la única forma de abordar la experiencia. Este grupo abre la posibilidad de mirar la experiencia desde otro punto de vista, dando lugar a una perspectiva diferente del fenómeno, por tanto, la verdad emergente de la teoría de Ptolomeo que los demás grupos defendían e intentaron persuadir a la luz de la esfera armilar, se desvanece.

Ahora bien, los grupos defensores del modelo Geocéntrico también reflexionaron alrededor de los argumentos propuestos por el Grupo 3 y a propósito de la experiencia realizada con el péndulo de Foucault, el Grupo 2 comenta:

Si bien ustedes están considerando el péndulo [...] Supongamos que este es el punto y él está girando; sube baja, sube y baja en una misma dirección, en un mismo plano ¿cómo me garantizan ustedes que no hay otras fuerzas externas dentro de este medio continuo?, ¿cómo puede ser la presión, la fuerza del aire, la densidad que hay en este mismo medio? [...] esas otras fuerzas en cierta medida a pequeños grados empiezan a desviar el movimiento que está generando ese péndulo, ¿cómo pueden garantizar que eso es ideal? (Grupo 2, P3)

Es un péndulo grande (Grupo 3, P3)

No importa. Como ejemplo pongo lo que sucedió en 1700, más o menos cuando son los relojes de péndulo y se atrasaba al revisar por qué se atrasaban; los relojes se dieron cuenta que el péndulo estaba hecho de metal y al ser verano se calentaba y el péndulo se expandía y al expandirse el péndulo genera una longitud mayor ya no tenía el mismo periodo de oscilación, es decir, hay más cosas externas que están afectando y no pueden dar ese péndulo como inamovible y que no se puede modificar. (Grupo 2, P3)

Nosotros no estamos diciendo que siempre va a ser la misma frecuencia ni el mismo periodo, nosotros estamos diciendo que su recorrido va a ser en un mismo plano, dilátelo o contraígalo, [...] porque la trayectoria va a ser en un mismo plano, esa es la premisa que nosotros estamos utilizando (Grupo 3. P3)

Generalmente en las prácticas realizadas con el péndulo, se suponen condiciones ideales

para la comprobación de las leyes de dependencia e independencia del periodo de oscilación, sin embargo, en la realidad existen varios factores que pueden alterar los resultados de los mismos. Es en este sentido que el Grupo 2 cuestiona el contexto en el que se lleva a cabo el proceso de la experiencia, aludiendo que no se tienen en cuenta estos elementos y que por tanto las observaciones podrían resultar cuestionables para defender la teoría de Galileo. Aunque la experiencia realizada con el péndulo de Foucault deviene de la permanencia del plano de oscilación a través del tiempo, ésta no privilegia la comprobación de leyes sino, que posibilita hablar de una mirada de mundo diferente.

En atención a los párrafos anteriores, la experiencia que cada uno de los grupos realizó con los instrumentos, determina su visión de mundo y una perspectiva de ciencia; adicionalmente, se materializa un estilo de pensamiento permeado por la carga teórica de la observación, lo cual entra en consonancia con la teoría de García y Estany (2010). En términos de los autores, la filosofía de las prácticas experimentales de la ciencia promueve una nueva concepción de ella, obliga a que la racionalidad, objetividad, verdad y mundo dejen de ser tratados desde la teoría sobreponiendo la experimentación. La mirada filosófica de la experimentación privilegia su relación con la teoría sin posiciones jerárquicas.

### **6.3. Niveles de la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana**

Como complemento de análisis de la articulación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana, e inspirados en la propuesta de Acevedo, García y Aragón (2017), se determinaron ciertos niveles de la relación mediante una rúbrica, diseñada con el propósito vislumbrar el cambio de los discursos de los grupos participantes a lo largo de la implementación de los tres instrumentos de la propuesta pedagógica. Esta rúbrica de análisis ha sido descrita con profundidad en el marco metodológico, y se presenta en la *Tabla 5*.

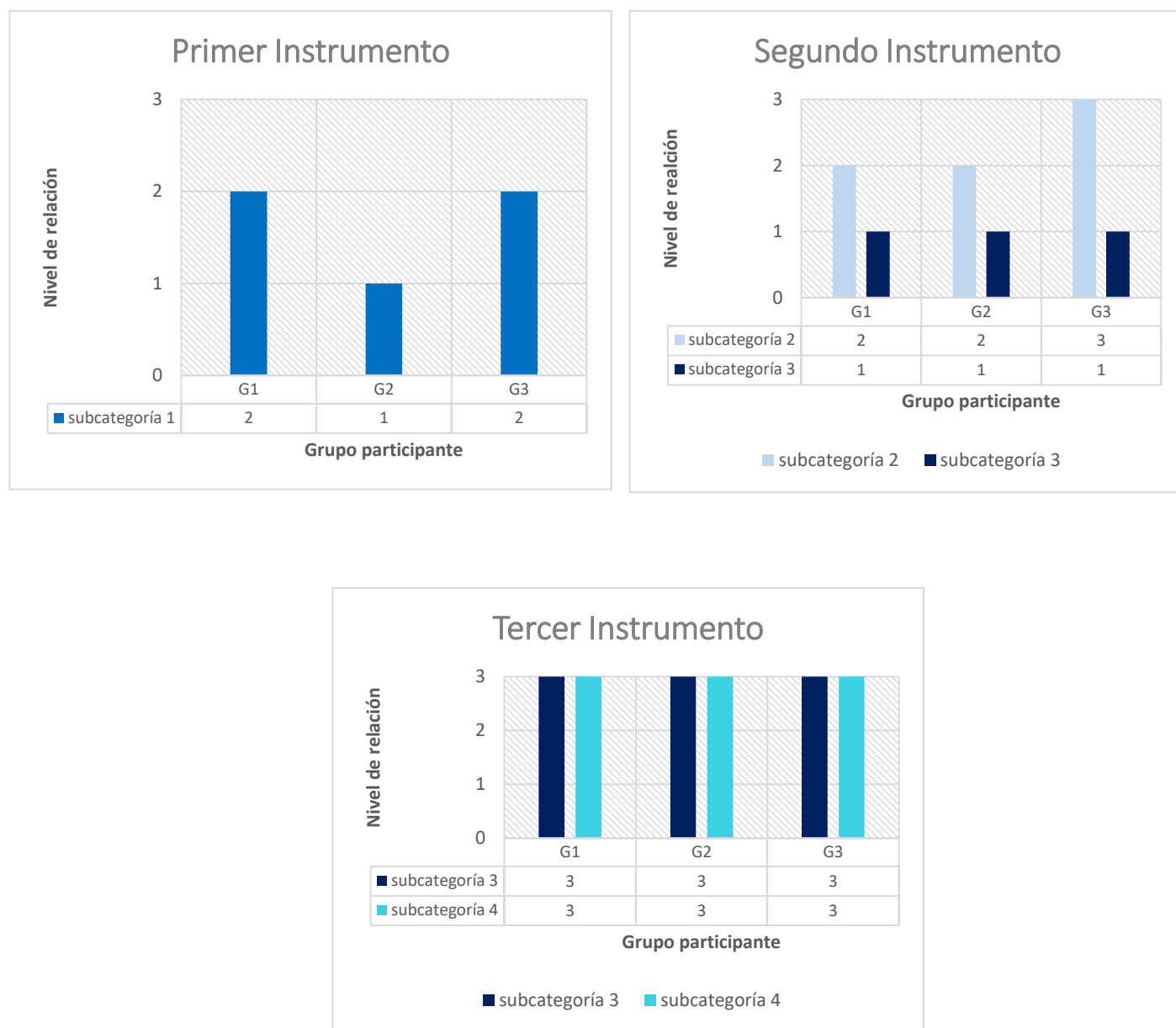
Aunque los niveles de la relación fueron descritos en el marco metodológico, con el propósito de dotar de sentido los análisis que se presentarán más adelante, se recuerda la intención de estos en el desarrollo de la investigación. Los niveles de la rúbrica consisten en identificar las unidades de análisis que subyacen de los discursos de los grupos participantes a la luz de la relación



entre la formación en ciencias y la formación ciudadana, atendiendo a los siguientes criterios: Nivel 1: En este nivel, se ubican aquellos argumentos de los grupos participantes que dan cuenta de la relación, pero que sus enunciados se encuentran circunscritos exclusivamente a los argumentos presentados en los fragmentos de los talleres. Nivel 2: En este nivel se ubican aquellos argumentos de los grupos participantes que dan cuenta de la relación y que al mismo tiempo explicitan una correspondencia de dicha relación con otras dinámicas sociales. Nivel 3: Este es nivel máximo de la relación, acá se ubican los argumentos de los grupos participantes que, además de dar cuenta de la relación, ellos mismos se sienten participes al explicitarla a través de sus propias experiencias de vida.

Para el análisis de los discursos respecto a los niveles propuestos en la rúbrica, se tuvieron en cuenta los aspectos de formación en ciencias y de formación ciudadana que se encuentran en la *Tabla 1: Estructura de la implementación de la propuesta pedagógica*, presentada en el capítulo del marco metodológico, los cuales se encuentran en correspondencia con las categorías y subcategorías de la investigación.

A continuación, se muestra de manera gráfica los resultados de la investigación, en ellos se devela para cada uno de los instrumentos aplicados en la propuesta pedagógica, los niveles de la relación de cada uno de los grupos participantes en correspondencia con cada una de las categorías de análisis abordada en ellos.



*Figura 4: Resultados de los niveles de la Relación*

De acuerdo con los gráficos anteriores, se presentan a continuación el análisis de los resultados de los niveles de relación identificados en los grupos participantes de acuerdo a cada uno de los instrumentos implementados, aspecto que permitió poner en evidencia los cambios obtenidos por los participantes a propósito de las relaciones entre formación en ciencias y formación ciudadana a lo largo de la implementación de la propuesta pedagógica.

El primer instrumento de la propuesta pedagógica tuvo como propósito analizar las producciones orales y escritas de los grupos participantes a la luz de la subcategoría: *Carácter controversial de las explicaciones científicas como fundamento para el reconocimiento del otro*. Después de reflexionar sobre las producciones orales y escritas de cada uno de los grupos participantes, se evidencia que los Grupos 1 y 3 se encuentran en el nivel de 2 de la relación, pues ellos lograron identificar durante la plenaria el carácter controversial de las explicaciones científicas como fundamento para el reconocimiento del otro a través de otros conflictos que no se encuentran en el fragmento de la carta de Galileo. Estos grupos realizaron comparaciones de conflictos que dieron lugar a hechos científicos, con momentos vividos a diario en los contextos culturales, entendiendo entonces que las controversias en las dinámicas científicas no son ajenas de las dinámicas vividas en la sociedad, y propendiendo entonces por una mirada social de la actividad científica.

A continuación, se presentan algunos fragmentos de la plenaria 1, los cuales fundamentan la ubicación de los grupos en el nivel 2 de la relación:

[...] Ambas posturas pueden coexistir, por ejemplo, una persona que es vegetariana y una persona que no es vegetariana van a convivir por algún tiempo... no sé un fin de semana, entonces tienen que decidir qué van a comer en esos días. Hay un conflicto porque uno dice: no yo como y el otro dice: yo no voy a comer sin carne ¡¡pelao!! No pues cómo. Se busca el consenso: “sacrificate por mí! no comamos carne este fin de semana, ¿no pues cómo!, yo no me voy a sacrificar por usted, sacrifíquese usted por mí”. No llegan al consenso, entonces uno le dice: usted tan bobo, ¿por qué no come carne sabiendo que eso es lo que alimenta? o usted ¿por qué come carne, mata animalitos para poder comer, qué clase de ser humano eres? Busca una contradicción en los argumentos del otro y tampoco, entonces deciden que ambas posturas pueden coexistir y está bien, usted cocina lo suyo y yo cocino lo mío y ya... es un ejemplo de conflicto (Grupo 1. P1)

Así, cada contexto sociocultural posee normas y principios que los lleva a adoptar estilos particulares de vida. En este fragmento, el Grupo 1 hace hincapié en una situación que se inserta en las diferentes culturas y que ha trascendido en las comunidades durante las últimas décadas como el amor y respeto por los animales. Tal escenario ha contribuido a que muchas personas decidan alejarse del consumo de carne por convicción e inspirados desde una idea animalista. Así mismo, existen otras personas que piensan que el consumo de carne es bueno para la salud apelando a que la carne contiene las proteínas que el ser humano necesita. Ahora bien, en esta

situación se perciben dos miradas distintas, lo cual induce a establecer una controversia; sin embargo, al interior de cada comunidad se ha podido convivir con ambas miradas sin necesidad de generar violencia, la solución radica en respetar los pensamientos del otro llegando a un consenso.

En estos momentos estamos en el siglo XXI y la vida por ejemplo para una persona que tenga diferentes orientaciones sexuales es muy difícil; en ese tiempo es difícil decir abiertamente, ay a mí me gusta otro tipo de... cierto, de lo natural, entonces... [es] también como lo mismo. La iglesia también ha tratado de incluir ese discurso y ya está diciendo: ¡ay sí! como que los homosexuales también pueden ir al cielo (Grupo 3. P1)

Para el Grupo 3, la transformación de la sociedad a lo largo de la historia ha traído consigo cambios en los modos de pensar y actuar del ser humano. Se ha consolidado una diversidad de ideologías políticas, religiosas, tendencias sexuales, entre otros, y por tanto, es necesario crear condiciones que permitan relacionarnos sin discriminación, que se pueda reconocer al otro con sus diversidades, educando desde la tolerancia para edificar una sociedad justa. En este sentido, las instancias que de alguna manera apelan al poder también deben propender por la inclusión y aceptación de diversidad en pro de los modos adecuados de vivir y del desarrollo y la transformación de la sociedad.

De manera contraria al Grupo 1 y Grupo 3, se identificó que el Grupo 2 se ubica en el nivel 1 de la relación, es decir que este grupo identifica una correspondencia entre el carácter controversial de la situación presentada y el reconocimiento del otro, pero utilizando exclusivamente la controversia en la carta de Galileo. Durante la plenaria 1, después de discutir sobre la verdad promulgada por el modelo de Ptolomeo, el grupo trae a colación una anécdota la cual proporciona una reflexión alrededor de la veracidad de la teoría en el tiempo y el contexto en que se constituyó:

Esto es una anécdota de un profesor de acá de la universidad, que llegó a la casa y le dijo al papá que en el colegio le habían enseñado que la tierra giraba alrededor del sol y el papá le dijo: “usted es que es bobo o qué”, y lo sentó en una silla y clavó [en el suelo] un palo y dijo: “mire el palo, mire la sombra listo, ya vuelvo”, y lo dejó ahí una hora, y a la hora vino, ¿qué pasó?, se movió la sombra, ¿por qué?, porque se movió el sol, entonces ¿quién sabe ellos o yo? (Grupo 2, P1)

La reflexión del Grupo 2 con la anécdota del profesor, permite evidenciar la mirada Ptolemaica puesto que la experiencia que allí se muestra se configura desde los sentidos; es decir, la manera en que vemos y percibimos el movimiento aparente del Sol como observadores desde la Tierra, permite concluir que ella se encuentra en reposo y que el Sol se encuentra en movimiento. Dichos fundamentos, eran claves para Aristóteles al momento de postular la teoría de la inmovilidad de la Tierra. Esta reflexión invita a pensar en una ciencia contextual, donde no existen verdades absolutas, una verdad que depende de la época y el contexto, todo esto nos lleva a considerar, con Elkana (1983) que la ciencia puede ser debatida y discutida.

Durante la puesta en común de las preguntas que orientaron la implementación del segundo instrumento, se analizaron los discursos de los participantes en correspondencia con la segunda y tercera subcategoría de la investigación, a saber: *Flexibilidad intelectual como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales* y *Experiencias físicas como fundamento para movilizar consensos*. A partir de los análisis realizados en la segunda subcategoría de análisis, se puede observar que el Grupo 1 y el Grupo 2 identifican la flexibilidad intelectual como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales, a través de manifestaciones de otros conflictos que no están en los fragmentos, lo que conlleva a que sean ubicados en el nivel 2 de la relación; aunque los fragmentos que sustentan la ubicación de los grupos en dichos niveles fueron expuestos en párrafos anteriores, se reiteran nuevamente con el propósito de dar sentido a los niveles de los grupos en la implementación de este instrumento.

Se puede evidenciar en otras dinámicas sociales como la política, la educación, la vida cotidiana tales como estar a favor o en contra del aborto, a favor o en contra la diversidad sexual, la libertad de pertenecer a x o a y culto etc. (Grupo 2, P2)

Se puede evidenciar en otras dinámicas sociales, por ejemplo, un juicio donde hay unos opuestos, uno que defiende una postura y otro que defiende otra, hay un mediador que es el juez o cuando se está haciendo un trabajo en equipo que lo que se busca es dadas diferentes posturas llegar a un consenso. (Grupo 1, P2)

La forma de resolver los conflictos en las dinámicas científicas, está en concordancia con las estrategias utilizadas en la sociedad para solucionar sus problemáticas. Tanto en la actividad científica como en las actividades sociales, las problemáticas emergen de los diferentes modos de pensar sobre un fenómeno; pese a esto, los seres humanos pueden hacer uso de múltiples

estrategias de tal manera que la solución del conflicto sea lo más sana y pacífica posible. Estas razones, permite a los Grupos 1 y 2 identificar la flexibilidad intelectual y relacionarla de manera clara con dinámicas insertar en la sociedad.

Continuando con la reflexión de la implementación del instrumento número dos, el Grupo 3 identifica la flexibilidad intelectual como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales, a través de ciertas vivencias personales donde los integrantes del grupo se sienten partícipes de la relación, ubicándose de esta manera en el nivel máximo de la relación. De la plenaria 2, se logra identificar el siguiente fragmento como fundamento del nivel establecido para el Grupo 3:

[...] el Diálogo muestra cómo debería tomarse una discusión cierto, con altura; digo debería, porque es una manera muy idealista la verdad en esta parte [...] es muy idealista porque esto en las dinámicas sociales tal vez no se ve; si hablamos de política, en lo económico, en las discusiones sobre género y de raza, por ejemplo en mi caso, con respecto a mi identidad sexual, si voy y hablo con una persona que es evangélica yo estoy seguro, completamente seguro, que esa persona no recibiría bien [...] mis planteamientos, por eso digo que es idealista porque tal vez el diálogo muestra cómo de manera decente con altura se debería llevar una discusión, pero eso en la realidad poco. (Grupo 3, P2)

Se logra percibir en estas líneas que el Grupo 3 es consciente del hecho que las estrategias discursivas que devienen del Diálogo de Galileo, si bien se relacionan con muchas de las dinámicas sociales, no son suficientes y que existen también la necesidad de seguir educando en el respeto y en la participación activa; es un llamado en términos de Magendzo (2006) a una sociedad abierta no condicionada y no excluyente.

Con respecto a la tercera subcategoría abordada en el segundo instrumento y después de analizar las producciones de los participantes, se ubican a los tres grupos en el nivel 1 de la relación. Los siguientes son los argumentos que expresan los grupos participantes cuando se discute sobre la movilización de consensos mediante experiencias físicas presentadas en el Diálogo de Galileo y que los coloca el nivel de la relación asignado

La retórica utilizada por Salviati, le permiten proponer experiencias físicas que llevan a contradicciones a sus oponentes. (Grupo 1, GD2)

Entonces en ¿qué sentido tales argumentos cumplen este fin? pues Simplicio al pensar en el argumento que expone Salviati, recapacita y se da cuenta que los argumentos Aristotélicos tienen ese error, mostrando desde la experiencia lo forzoso que se ve afirmar que la Tierra está inmóvil (Grupo 2, P2)

Los grupos anteriores perciben la argumentación como una estrategia que permite movilizar pensamientos a partir del uso de contradicciones, estrategia que es utilizada por Galileo a la largo del desarrollo del Diálogo. Si bien los argumentos de los participantes no hablan propiamente de las experiencias físicas explícitas en el fragmento, sus ideas y sus argumentos son extraídos del mismo escenario en el que desarrolla la estrategia discursiva propuesta por Galileo.

De manera análoga a los argumentos de los grupos anteriores, el Grupo 3 comenta lo siguiente:

Salviati hablaba de Simplicio como, “estás utilizando tu argumento a partir de lo que quieres demostrar” O sea, él quería mostrar que la tierra estaba estática y se paraba ahí para demostrar que la tierra estaba estática y si suponemos que la tierra está movimiento ¿qué pasaría?, ¿Qué otros movimientos estarían ahí? (Grupo 3, P2)

Las líneas anteriores dejan ver la utilización de una experiencia física bajo la misma estrategia utilizada en los argumentos de los grupos anteriores, como lo es la utilización de contradicciones en las ideas de los oponentes. A pesar de que sus ilustraciones presentan ideas que no están de forma literal en el Diálogo de Galileo, tampoco se percibe una proyección de estas ideas a otras dinámicas sociales, ni sus comentarios son basados a través de sus vivencias personales. Sin embargo, se puede distinguir que la manera en que el Grupo 3 plasma estas ideas están en concordancia con las que se presentan en el Diálogo, lo que permite entender que para ellos las experiencias físicas utilizadas por los personajes a lo largo del desarrollo del diálogo, son pertinentes y confiables como forma de persuasión para convencerlos del reposo o movimiento de la Tierra.

En cuanto a la implementación del tercer instrumento, los grupos participantes debatieron argumentos basados en experimentos con relación a dos artefactos que se les presentó, con el objetivo de convencer a los oponentes de la importancia de la perspectiva de mundo que defendían. Una vez realizada la implementación, se analizaron los argumentos de los participantes relacionados con la tercera y cuarta subcategoría de la investigación, a saber: *Experiencias físicas*

*como fundamento para movilizar consensos y El carácter discursivo del instrumento como medio para fortalecer o cambiar convicciones y pensamientos*

Como consecuencia de la triangulación entre instrumentos descrita en el marco metodológico, se reitera nuevamente el análisis de los discursos de la tercera subcategoría en este apartado.

Al momento de reflexionar sobre los discursos de participantes que dan lugar a esta subcategoría, se estipula que los grupos se ubican el nivel máximo de la relación. Los argumentos puestos a consideración por cada uno de los grupos, no sólo se alejan de los fragmentos presentados sobre la esfera armilar y el péndulo de Foucault, sino que ellos mismos se sienten partícipes el experimento como una manera de generar condiciones para movilizar consensos. Las siguientes unidades de análisis validan la ubicación del nivel de la relación de cada uno de los grupos; las frases subrayadas reflejan la participación de los grupos en la experiencia y permiten que dichos argumentos se sitúen en el nivel máximo de la relación

Si yo tengo dos sistemas [...] digamos que esta es la Tierra y este es el Universo (hace un dibujo en el tablero) para yo poder decir que la tierra se está moviendo lo tengo que decir con respecto a algo. (Grupo 1, P3)

Este grupo recrea una experiencia imaginaria relacionada con los sistemas de referencia inerciales, a partir de la discusión presentada en el debate y con el ánimo de convencer a los demás de la importancia que tiene la esfera armilar para hablar del modelo de Ptolomeo. Los participantes se ubican en primera persona para narrar sus experiencias en aras de lograr sus propósitos. Si bien el concepto que desean comprobar los participantes es necesario para hablar del fenómeno científico, acá se resalta la manera en que ponen de manifiesto los argumentos para persuadir a los demás.

Supongamos ahora que la tierra se está moviendo [...] si yo voy en un carro a velocidad constante, el carro tiene que tener algo que lo impulse, estamos suponiendo algo ideal, por ejemplo, el motor del carro hace que vaya a velocidad constante en cuyo caso yo sentiría el motor. Si suponemos que el carro no tiene ninguna vibración y que yo voy quieto en el carro, no podría decir que se está moviendo. (Grupo 2, P3)



Este grupo no pretende hablar de la importancia de experiencia con la esfera armilar, sino que hace un esfuerzo para poner en evidencia, desde una experiencia física que se relaciona con la vida cotidiana y de la cual se sienten partícipes, las falencias en los argumentos en defensa del movimiento de la Tierra que presenta uno de los grupos opositores. Esta estrategia, como se ha mencionado en párrafos anteriores, se ha considerado como una estrategia discursiva con el fin de movilizar consensos y cambiar pensamientos.

[...] Nosotros acá tuvimos el experimento [...] acá lo hicimos y lo que pudimos percibir todos es que efectivamente al hacer oscilaciones, al hacer oscilar el péndulo vemos que el péndulo siempre va a tener la misma trayectoria, independientemente si se hace en el Polo, en España [...] Ahora lo que nosotros estamos planteando es un movimiento de la Tierra. No estamos refutando que la Tierra está en el centro o no del universo, entonces independientemente si la tierra está en el centro del universo lo que nosotros estamos planteando es que la tierra se mueve, es decir independientemente si está en el centro o está en un lado o está por fuera, lo que estamos mostrando es que gira, es que rota, estamos mostrando un movimiento. (Grupo 3, P3)

A diferencia de los otros grupos, en las líneas anteriores se evidencia la participación directa de una experiencia, tal razón conlleva a que este grupo imprima solidez en sus argumentos y juicio crítico a sus observaciones en la búsqueda de convencer a los demás sobre el modelo defendido por Galileo.

De acuerdo a lo anterior, se puede evidenciar la evolución en los discursos de los participantes a la hora explicitar la relación de la formación en ciencias y formación ciudadana. Conviene resaltar que las habilidades comunicativas para llegar a un consenso, avanza significativamente con relación al instrumento anterior y se refleja en los resultados de la subcategoría trabajada en el instrumento dos y tres de implementación.

Para finalizar, una vez analizadas las discusiones alrededor de la cuarta subcategoría, se pudo establecer que todos los grupos participantes se sitúan en el nivel máximo de la relación, es decir, ellos identifican el carácter discursivo del instrumento a través de algunas vivencias personales en las que se sienten partícipes de la relación, lo cual se puede evidenciar en los argumentos presentados durante la plenaria 3 y que se presentan a continuación. De manera semejante a la subcategoría anterior, las frases e ideas subrayadas se consideran potentes para

fortalecer la unidad de análisis a la luz del nivel de la relación establecido.

Primero observamos que está construida desde lo que ocurre en el cielo ante nuestros ojos [...] El Horizonte está fijo en la esfera armilar tal como nosotros lo percibimos. Cuando nosotros nos ubicamos o nos paramos en este sistema ¿qué percibimos? Que el horizonte está fijo cierto, [...] o ¿vemos que una montaña se está moviendo? No, esa montaña siempre va a estar en el mismo lugar donde nosotros nos paremos para verla [...] No es un instrumento que discrimina el lugar donde nos ubiquemos, sino que en cualquier lugar del mundo [...] es una réplica exacta de la realidad. (Grupo 1, P3)

En estos enunciados se resalta la posición del observador en la Tierra con argumentos basados en la esfera armilar, la manera de hablar de la importancia de la teoría de Ptolomeo radica en las vivencias que ocurren ante nuestros ojos día tras día cuando ocupamos cualquier lugar en la Tierra. Este grupo apela a la exploración de la teoría y la ve como una oportunidad para fortalecer sus concepciones y al mismo tiempo cambiar las convicciones de los demás.

El Grupo 2 presenta el siguiente argumento como estrategia de convencimiento:

Ustedes tienen un péndulo y giran la base, el péndulo empieza a describir esa forma cierto, cuando yo pongo un péndulo, yo no sé ustedes, pero para mí me pasa al contrario el péndulo empieza a perder energía, entonces el péndulo se queda quieto, Entonces ¿cómo me garantizan que eso sí es verdad? cuando yo lo ponga afuera ¿si va a funcionar? (Grupo 2, P3)

La experiencia con el péndulo de Foucault ha permitido hablar del movimiento de la Tierra dentro de las comunidades científicas, logrando consolidar dicha perspectiva de mundo. Sin embargo, existen factores dentro de la experiencia que podrían debilitar estos pensamientos y fortalecer el del reposo de la Tierra. Este grupo se remite a estos factores a partir de su experiencia con un péndulo simple para intentar modificar las ideas del Grupo 3.

Vamos a suponer que este es un carro yo voy a llegar y me voy a montar acá en el carro, voy a medir la longitud de este carro, ahora ese carro arrancó y yo estoy dentro del sistema, Entonces yo vuelvo y mido el carro cuando está en movimiento, te hago una pregunta, ¿el hecho de que yo mida la misma longitud con el carro en movimiento o con el carro quieto, me sirve para garantizar o me sirve para predecir que el carro está quieto o está en movimiento? (Grupo 3, P3)

Aunque los grupos participantes colocaron en escena argumentos parecidos basados en los instrumentos proporcionados, esfera armilar y péndulo de Foucault, se resalta en estas líneas tanto la vivencia experimental para hablar de la teoría de Ptolomeo acerca del reposo de la Tierra, como la utilización de un instrumento diferente al que se les proporciono en la plenaria para debilitar la concepción de dicha teoría.

En el análisis realizado en párrafos anteriores, es importante destacar la evolución de los argumentos de los participantes a lo largo de la implementación de los tres instrumentos en el desarrollo de la propuesta de investigación. Es decir, en el transcurso de las sesiones de clase y a la hora de profundizar en las observaciones y argumentos realizados por ellos en cada uno de los instrumentos, los argumentos presentados por los grupos fueron paulatinamente ganando rigurosidad tanto en aspectos metacientíficos como de formación ciudadana, que les permitieron ir identificando con mayor claridad la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana.

En el desarrollo del segundo instrumento hubo cierto descontento con relación a nivel de los grupos en la tercera subcategoría, al inicio se pensó que hubo un retroceso en la profundidad de los argumentos para resaltar la relación. Sin embargo, en la implementación del tercer instrumento en el cual se abordaba la misma tercera subcategoría y la cuarta subcategoría, se pudo evidenciar un considerable cambio en el nivel de la relación. Esta acción se pudo haber logrado gracias a la intencionalidad de este instrumento; en este se pretendía resalta la importancia del debate para configurar buenas prácticas comunicativas, es así como los participantes lograron proyectar desde sus emociones, pensamientos y sentimientos argumentos con profundidad conceptual visibilizando y haciendo consiente la relación objeto de estudio en esta propuesta pedagógica de investigación.

## 5. Consideraciones Finales

### 7.1 Conclusiones del trabajo y aportes de la propuesta

En el ámbito educativo es usual pensar que la formación ciudadana poco o nada tiene que ver con la formación científica, y es precisamente bajo esta premisa que la mayoría de los profesores en las clases de ciencias sólo centran su atención en la parte disciplinar de las ciencias, ello es: memorizar leyes, conceptos, solucionar problemas utilizando algoritmos matemáticos, entre otros. Si bien estos aspectos son importantes en la enseñanza de las ciencias, deja entrever que una formación en valores no es importante de ser tratada ni mucho menos enseñada en estos espacios científicos.

Después de realizar varias lecturas sobre la enseñanza de las ciencias, se despliegan entonces ciertos fundamentos que permiten pensar que los conceptos científicos son tan importantes como las formas de construcción, validación y la relación de los mismos con la sociedad. Es decir, reflexionar sobre su historia, sus procesos de transformación, el papel que desempeñó la sociedad en su consolidación y el papel desempeñado por los científicos, también imprime importancia en la enseñanza de las ciencias. A partir de las consideraciones anteriores en el espacio de conceptualización de la intervención pedagógica, se puso de manifiesto la importancia de reflexiones metacientíficas desde sus fundamentos históricos, filosóficos y sociológicos, puesto que permite resaltar los procesos dialógicos en la construcción del conocimiento científico; al mismo tiempo, admite entender que las explicaciones científicas se encuentran permeadas por condiciones humanas, lo que pone en evidencia el respeto por el otro y por la diversidad de pensamientos. Es precisamente este proceso el que contribuyó con la articulación de la formación en ciencias y la formación ciudadana en el desarrollo de la propuesta pedagógica.

La perspectiva de ciencia en los procesos de enseñanza y en particular en el desarrollo de esta propuesta investigativa, en la que se vincularon aspectos metacientíficos como: explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural y la experimentación como escenario de

construcción social de explicaciones científicas, permitió configurar un pensamiento abierto al debate y susceptible al cambio, como una posibilidad de reflexionar en las clases de ciencias sobre las ciencias, alejando la idea elitista de la actividad científica y haciendo emerger atribuciones humanas y sociales que devienen del papel desempeñado por científico en la construcción, validación y legitimación del conocimiento científico.

Ahora bien, el uso de controversias históricas de la astronomía como el caso de los modelos geocéntrico y heliocéntrico, no sólo generó interés y curiosidad por los grupos participantes, sino que también resultó ser un escenario idóneo para asumir una perspectiva de la enseñanza de las ciencias contextualizada en reflexiones metacientíficas y lograr disipar la brecha entre la formación en ciencias y formación ciudadana. Los aportes que los grupos participantes pusieron de manifiesto en este escenario, otorgaron un verdadero significado y permitieron hacer visible dicha relación en las dinámicas científicas.

Así mismo, el estudio reflexivo de fragmentos de primera fuente como la carta y el Diálogo de Galileo, al igual que la demostración del movimiento de rotación de la Tierra de León Foucault, permitió tener una aproximación con la mirada sociocultural y humana de la actividad científica, puesto que los argumentos utilizados por los participantes en las discusiones a partir de los fragmentos acerca de la controversia acerca del movimiento de la Tierra, dejaron ver la realidad social e histórica de dicha la controversia. En este sentido, la historia se convirtió en una poderosa herramienta para comprender las dinámicas sociales y científicas que llevaron a consolidar la teoría de Ptolomeo y al mismo tiempo tener un acercamiento de nuestro entorno con los sentidos. Así mismo, a partir de las reflexiones de los fragmentos históricos, se reconoció la importancia que tuvo dicha teoría, y sobre todo se pudo comprender el porqué tuvo sentido en la época y el contexto en el que se consolidó.

En cuanto a los resultados de la implementación de la propuesta pedagógica, al principio hubo cierta incertidumbre. Si bien los participantes estaban familiarizados con los conceptos abordados en el desarrollo de la propuesta, puesto que se realizó en un espacio de conceptualización cuyos propósitos conversaban con el de la investigación, no se logró evidenciar profundidad de los mismos en las producciones escritas. No obstante, los aportes realizados en las

plenarias dejaron evidenciar la apropiación conceptual sobre los modelos cosmológicos, la imagen de ciencia que poseen, algunos aspectos de ciudadanía dado que en este espacio de interacción dialógica se pusieron en escena sentimientos y emociones alrededor de las diferentes posturas que tenían sobre la controversia.

En consonancia con lo anterior, después de analizar los discursos de los grupos participantes a la luz de las categorías de investigación, se lograron identificar algunas contribuciones de la propuesta pedagógica a la articulación entre la formación en ciencia y la formación ciudadana a partir del uso reflexiones metacientíficas desde el estudio de la controversia histórica alrededor del movimiento de la Tierra. La información proporcionada por los grupos participantes, permitió vislumbrar un panorama en los que ellos mismos propendían por espacios de construcción social de conocimiento científico desde los diferentes pensamientos y formas de ver el mundo, a través del diálogo y la argumentación. En este sentido, reconocen que los procesos comunicativos al interior de una comunidad son factores primordiales a la hora de llegar acuerdos, consolidar teorías, movilizar intereses, generar empatía y confianza con el otro.

De igual manera, en los discursos de los participantes producto de las plenarias, se pudo destacar elementos metacientíficos en relación con asuntos de ciudadanía entre ellos: la relación entre flexibilidad intelectual con la manera adecuada de solucionar conflictos tanto científicos como sociales y al mismo tiempo deja entrever que el carácter controversial de la actividad científica desde las diferentes perspectivas de mundo admite reconocer al otro con sus diferencias para construir y consolidar una teoría científica. Lo dicho hasta acá consiente que, a pesar de tener diferentes posturas frente a un acontecimiento científico al interior de una comunidad, no impide llegar acuerdos y convivir con el otro.

Consideremos ahora otra contribución de esta propuesta, desde los razonamientos de los participantes acerca de los modelos cosmológicos. En este apartado se destaca el papel que desempeña la experimentación en la construcción teorías científicas, desde este escenario se privilegia la argumentación como una forma de convencimiento para cambiar o ratificar pensamientos. Así mismo, se reconoció el carácter dialógico de la actividad experimental

como una manera de hablar del fenómeno científico, este momento tuvo lugar gracias a la puesta de escena de la esfera armilar y el péndulo de Foucault.

Ahora bien, es necesario resaltar el significado otorgado al papel desempeñado por los instrumentos (Esfera armilar y péndulo de Foucault) en este escenario discursivo de la actividad experimental. La construcción de argumentos para movilizar consensos, las estrategias discursivas que se propusieron para ejercicio de deliberación, en las se colocaban situaciones a favor o en contra del movimiento o el reposo de la Tierra, favorecieron la relación entre la teoría y la experimentación y en este sentido, la esfera armilar y el péndulo de Foucault, se convirtieron en instrumentos para hablar del fenómeno en cuestión.

Esta propuesta pedagógica también deja como resultado la movilización de pensamientos en las prácticas de enseñanza de algunos de los participantes. Para ellos esta propuesta los llevó a reflexionar sobre la importancia de no dar nada por sentado en las ciencias y sería valioso hacer extensible este tipo de reflexiones en sus clases de ciencias. En este sentido, se presenta a continuación las palabras de uno de los participantes:

A mí me hizo pensar en cuanto a la forma de enseñar por lo mismo que decía ahorita, que asumimos que eso ya está dado, entonces no tenemos que pensarnos acerca de ello. La reflexión que me llevó, es hacer nosotros en el aula que los estudiantes se pregunten por eso mismo, porque uno finalmente no va a comprender hasta que no haya pasado por ese mismo proceso que ustedes muy agradablemente nos hicieron pasar. Es mirar cómo fue esa discusión, mirar la Esfera armilar, porque usted básicamente le dice al estudiante demuéstreme que la tierra está quieta o que se mueve y difícilmente lo podrán hacer, y es por lo mismo porque no hay bases fuertes en cuanto a eso, entonces me parece importante desarrollar en ellos eso para que puedan tener un discurso que les permita una discusión o un debate como ese. (Newton, PF)

Además de los análisis que se han resumido en los párrafos anteriores, esta propuesta contribuyó de manera paulatina a destacar la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana a partir del uso de Reflexiones metacientíficas. Al analizar los discursos de los grupos participantes al inicio, durante y al final de la implementación pedagógica se pudo observar un proceso de transformación tanto de pensamientos como en los actos comunicativos. En las primeras sesiones, algunas de las intervenciones no se alejaban de las reflexiones que se encontraban insertan en los talleres y en este escenario de participación algunos de ellos fueron

muy pasivos. Sin embargo, de manera gradual, durante el desarrollo de los demás instrumentos de implementación se pudo observar que la manera de expresarse no sólo privilegiaba reflexiones acerca de la relación y su vinculación con asuntos de la sociedad que vivimos a diario, sino que también, afloraban en sus discursos fundamentos valiosos que determinan una manera de ver y percibir el mundo basados en experiencias de vida.

Finalmente, aunque se reconozcan las bondades del desarrollo de esta propuesta investigativa, vale la pena mencionar que con ello no se adquiere una fórmula única que permita relacionar la formación en ciencias y la formación ciudadana. Esta propuesta se desarrolla como una alternativa para establecer dicho vínculo con la que se obtuvo algunas ganancias. Sin embargo, el problema es mucho más complejo, la formación en ciencias y la formación ciudadana como actividades humanas son campos muy amplios y aún quedan muchos aspectos de ambas por explorar.

## **7.2 ¿Qué me queda como maestra de Ciencias?**

Hasta acá hemos discutido los aportes que tuvo la propuesta en los profesores en formación de la Licenciatura en Matemáticas y Física de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. No obstante, como maestra de Ciencias en ejercicio de educación media, también estoy en constantes procesos formación con el propósito de mejorar cada vez más mis prácticas de enseñanza. No cabe duda que los aprendizajes fueron innumerables en mi formación profesional. Durante el pregrado, aprendí algunos conceptos de Física, Matemática, Pedagogía y Didáctica, todo ello con el objetivo de salir al campo de acción y proyectarlo. Todo lo he podido aplicar durante los años que llevo ejerciendo como docente, cada uno de estos aprendizajes sumados a la experiencia me han convertido en una buena maestra siempre en busca de que mis estudiantes aprendan algo de ciencias, se enamoren de ellas y en la medida de lo posible que se forjen un proyecto de vida fundado entre otras cosas desde la academia. Así mismo, el proceso vivido durante la maestría hizo eco en mis procesos de aprendizaje; en ocasiones escuchaba decir a la gente que la maestría cambia la forma de ver y sentir la educación, en especial si eres maestro y ahora entiendo aquellos pronunciamientos, pues no sólo cambia la manera de sentir y pensar, sino



que también es un llamando a actuar desde la coherencia y ser conscientemente con nuestros pensamientos.

En particular la línea de investigación me ha enseñado a pensar en el ser, pues el ser humano posee una gran red de conocimientos que lo llevan hasta donde él quiera, pero más allá de sus conocimientos la forma de actuar conforme a esos conocimientos, marcarán sin duda alguna su lugar en el mundo. Es por ello que el proceso vivido con el desarrollo del proyecto de investigación y en el de la maestría en general, me movilizó no sólo mis pensamientos sobre la perspectiva de ciencia que tenía instaurado sino también pone de manifiesto reflexiones que llevan a examinar mi manera de actuar frente a mis estudiantes en las clases de Física.

Como maestra de ciencias entendí que no sólo es importante hablar de Física o Matemática durante mis clases, o buscar los medios más pertinentes para dar una buena clase; hablar de la historia de los hechos científicos, entender los factores sociales inmersos en ellos, y sobre todo entender y comprender las dinámicas de los científicos para consolidar aquellas teorías que hoy en día conocemos y hasta recitamos de memoria, es quizás la manera más interesante no necesariamente la única, pero sí una forma de concebir la ciencias desde lo social, teniendo como fundamento aquellos valores que hoy día la sociedad ha olvidado tanto.

Como maestra de educación media no podré cambiar los sistemas educativos del país, pero desde mi rol como maestra de ciencias, puedo generar espacios de reflexión de manera gradual y paulatina para que mis estudiantes miren, sientan y perciban las ciencias de una manera diferente a la que tradicionalmente se ha instaurado.

### **7.3 Recomendaciones**

Debido a la complejidad y al amplio campo de acción que presenta el proyecto de investigación, se recomienda entonces continuar en estudios posteriores con las indagaciones y exploraciones más profundas de los elementos que contempla la formación en ciencias y la formación ciudadana; con metodologías e implementación de instrumentos diferentes, que permitan desde varias instituciones con niveles de formación superiores, tener un acercamiento a

profundidad con algunos elementos de la formación en ciencias y la formación ciudadana que no se hayan contemplado en esta propuesta.

Se invita a la universidad de Antioquía, a la Facultad de Educación, al grupo de investigación ECCE y demás colegas maestros de ciencias, continuar investigando sobre la importancia de formar ciudadanos en las clases de ciencias. Las clases de ciencias en las instituciones educativas de educación media y superior, no sólo deben propender para que los estudiantes adquieran habilidades científicas también es necesario que adquieran las competencias que les permita ser sujetos políticos, que se sientan partícipes de su comunidad con el fin de contribuir en su transformación.

Por último y no menos importante se recomienda implementar la propuesta pedagógica en otros espacios de conceptualización con el objeto corregir algunos aspectos relacionados con las técnicas de investigación, vale la pena incluir en el desarrollo de la propuesta algunas entrevistas semiestructuradas, grupos focales y diarios investigativos con el fin de incluir nuevos elementos que ayuden a la solución de la problemática en cuestión.

## 6. Referencias Bibliográficas

- Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la Enseñanza de las Ciencias: Educación Científica para la Ciudadanía. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 1(1), 3–16. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92010102>.
- Acevedo, J. A., García, A., & Aragón, M. D. M. (2016a). Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 13(2), 408–422. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2016.v13.i2.13](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.13).
- Acevedo, J. A., García, A., & Aragón, M. del M. (2016b). La controversia Pasteur vs. Pouchet sobre la generación espontánea: un recurso para la formación inicial del profesorado en la naturaleza de la ciencia desde un enfoque reflexivo. *Ciência & Educação (Bauru)*, 22(4), 913–933. <https://doi.org/10.1590/1516-731320160040006>.
- Acevedo, J., & García, A. (2016). Uso de la historia de la ciencia para comprender aspectos de la naturaleza de la ciencia. Fundamentación de una propuesta basada en la controversia Pasteur versus Liebig sobre la fermentación Pasteur-Lieb. *CTS*, 11(33), 203–226.
- Acevedo, J., García, A., & Aragón, M. del M. (2017a). Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educacion Química*, 28(3), 140–146. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.12.003>
- Acevedo, J., García, A., & Aragón, M. del M. (2017b). *José Antonio Acevedo-Díaz Antonio García-Carmona María del Mar Aragón-Méndez*. Madrid- España: Documentos de Trabajo IBERCIENCIA-Nº 5.
- Álvarez, C., & San Fabián, J. L. (2012). La elección del estudio de caso en investigación educativa. *Gazeta de Antropología*, 28(1), 1–12. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10481/20644>.
- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, 17(1), 19–37.
- Benitez, B. (2017). *Los Medios Alternos una nueva forma de solución de Conflictos*. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Beuchat, M. (2016). Formación Ciudadana Y Autorregulación: Conceptos Claves Para La Práctica Educativa. *Revista Panamericana de Pedagogía*, (23), 95–114. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=119187335&lang=es&sit>

e=ehost-live.

- Cabrera, R. (2006). Péndulo de Foucault. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- Camino, N., Nardi, R., Pedreros, R., García, E., & Castiblanco, O. (2016). Retos de la Enseñanza de la Astronomía en Latinoamérica. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias. (Bogotá, Colombia), 11(1)*, 5–6.
- Campanario, J. M., & Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? *Enseñanza de Las Ciencias, 17(2)*, 179–192. Retrieved from <http://ddd.uab.cat/record/1437>.
- Castañeda, C. A. (2014). Ideas , preguntas y explicaciones de los niños sobre el cielo de Bogotá. *Nodos y Nudos, 4(36)*, 91–104.
- Chamizo, J. A. (2007). Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 25(1)*, 133–146.
- Chaux, E., Lleras, J., & Velásquez, A. M. (2004). Competencias Ciudadanas: De los Estándares al Aula Una propuesta de integración a las áreas académicas. In *Competencias Ciudadanas: De los Estándares al Aula Una propuesta de integración a las áreas académicas* (Uniandes, pp. 9–213). Bogotá.
- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria, 14(1)*, 61–71.
- Congreso de la República de Colombia. (2014). Cátedra de la Paz- Ley 1732-2014. *Cátedra de La Paz, 2014*.
- Conill, J. (2008). Experiencia hermenéutica de la alteridad. *En-Claves Del Pensamiento, 2(4)*, 47–66. <https://doi.org/10.1400/140427>.
- Cortina, A. (2003). Pluralismo moral, ética de mínimos y ética de máximos. In *ÉTICA, CIUDADANÍA Y MODERNIDAD*. Santiago de Chile: Cyber Humanitatis. Retrieved from [https://web.uchile.cl/vignette/cyberhumanitatis/CDA/vida\\_sub\\_simple3/0,1250,PRID%253D7562%2526SCID%253D7564%2526ISID%253D347,00.html](https://web.uchile.cl/vignette/cyberhumanitatis/CDA/vida_sub_simple3/0,1250,PRID%253D7562%2526SCID%253D7564%2526ISID%253D347,00.html).
- Daza, S., Arrieta, J., & Muñoz, E. (2014). ¿Qué sentido tiene la naturaleza de la ciencia y la historia de la ciencia en la formación ciudadana y valórica de un ser planetario? In M. Quintanilla, S. Daza, & Henry Cabrera (Eds.), *Historía y Filosofía de la Ciencia: aportes para una nueva*

- aula de ciencias promotora de ciudadanía y valores* (1st ed., pp. 132–154). Santiago de Chile: Bellaterra Ltda.
- De Souza, M. C. (2010). Los conceptos estructurantes de la investigación cualitativa. *Salud Colectiva*, 6(3), 251–261.
- Díaz, N., & Crujeiras, B. (2016). Concepciones del profesorado en formación sobre naturaleza de las Ciencias. *RIDHyC*, (3), 42–54.
- Eder, M. L., & Aduriz-Bravo, A. (2008). La Explicación en las Ciencias Naturales y en su Enseñanza: Aproximaciones Epistemológica y Didáctica. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 4(1), 101–133.
- Elizalde, A., & Donoso, P. (1998). Formación en Cultura Ciudadana. *Universidad de Bogotá*, 53(9), 1–19. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Elkana, Y. (1983). La Ciencia como sistema cultural: Una aproximación antropológica. *Coedición UNESCO- Scientia*, III(10–11), 65–80.
- Ferreira, C. (2016). *A esfera armilar de D. Manuel I: Visão celeste e Providencia Astral*. *Revista da Faculdade de Letras. Historia*. Universidade de Lisboa.
- Ferreirós, J., & Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Critica-Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47–86.
- Fleck, L. (1986). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico: Introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento*. Alianza Editorial. Madrid.
- Foucault, L. (1851). Démonstration physique du mouvement de rotation de la terre au moyen du pendule. *C.r. Hebd. Séances Acad. Sci*, 32, 135–138.
- Galeano, A. (2019). Una mirada a los saltos paradigmáticos en las Ciencias Sociales y en la Psicología para la generación de retos en la transformación de la experiencia investigativa. *Revista Internacional de Investigación En Ciencias Sociales*, 15(1), 134–157. <https://doi.org/10.18004/riics.2019.junio.134-157>.
- Galilei, G. (1615). Cartas Copernicanas. *Libros Gratis*, (2009), 1–28. Retrieved from <http://www.librosgratisweb.com/html/galilei-galileo/cartas-copernicanas/index.htm>.
- Galilei, G. (1632). *Diálogos Sobre los Máximos Sistemas del Mundo Ptolemaico y Copernicano*.

Madrid: Alianza Editorial.

- Gallego, R., & Pérez, R. (2002). Aprendibilidad, Enseñabilidad y Educabilidad en las Ciencias Experimentales. *Educación y Pedagogía*, XI(25), 90–117.
- Galperin, D. (2011). Propuestas didácticas para la enseñanza de la Astronomía. *Ciencias Naturales. Líneas de Acción Didáctica y Perspectivas Epistemológicas*, 189–229.
- Gangui, A. (2013). La esfera armilar. *Ciencia En El Aula*, 22(130), 58–61.
- García, E. (2011). Modelos de explicación, basados en prácticas experimentales. Aportes de la filosofía historicista. *Revista Científica*, 2(14), 89. <https://doi.org/10.14483/23448350.3704>.
- García, E., & Estany, A. (2010). Filosofía De Las Prácticas Experimentales Y Enseñanza De Las Ciencias. *Praxis Filosófica*, (31), 7–24. <https://doi.org/10.25100/pfilosofica.v0i31.3424>.
- Gil, D., & Vilches, A. (2004). Contribution of Science To Citizens ' Culture. *Cultura y Educación*, 16(3), 259–272.
- Gómez, A. (2006). Construcción de explicaciones científicas escolares. *Revista Educación y Pedagogía*, 18(45), 73–83. Retrieved from <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/revistaeyp/article/viewFile/6088/5494>
- Gómez, M., Vargas, V., Hernández, J., & Tamayo, D. (2016). Flexibilidad cognitiva en estudiantes de la I.E. Manuel Uribe Ángel del Municipio Envigado-Colombia. *Psicoespacios*, 10(17), 41. <https://doi.org/10.25057/21452776.801>.
- Gómez, Y., Carvalho, A. M., & Sasserón, L. (2014). Naturaleza de las Ciencias en la enseñanza de la física. Algunas consideraciones relevantes y ejemplos en el aula. In M. Quintanilla, S. Daza, H. Giovany, & Cabrera (Eds.), *Historia y Filosofía de la Ciencia Aportes para una "nueva aula de ciencias", promotora de ciudadanía y valores* (pp. 322–341). Santiago de Chile.
- Gutiérrez, A. (2009). Ciudadanía Y Territorio: Escenario Para La Formación Ciudadana. *Revista Palobra, "Palabra Que Obra,"* 10(10), 90–108. <https://doi.org/10.32997/2346-2884-vol.10-num.10-2009-136>.
- Herrera, J. (2010). La formación de docentes investigadores: el estatuto científico de la investigación pedagógica. *Revista Internacional de Investigación En Educación*, 3(5), 53–62.

- Hodson, D. (2003). Time for action : science education for an alternative. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645–670. <https://doi.org/10.1080/0950069032000076643>.
- Huertas, E., & Vigier, F. (2010). El Grupo De Discusión Como Técnica De Investigación En La Formación De Traductores: Dos Casos De Su Aplicabilidad. *Entreculturas*, 2, 27–12. Retrieved from <http://www.entreculturas.uma.es/n2pdf/articulo11.pdf>.
- Ibarra, A. (2009). el universo para que lo descubras. *Revista Cultural Loteria*, (483), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Jorba, J., & Sanmartí, N. (1994). Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Ministerio de Educación y Cultura. España.
- Kuhn, T. S. (1980). Los paradigma científicos. In *Estudios sobre sociología de la ciencia* (pp. 79–102). Madrid: Alianza Editorial.
- Lanciano, N. (1989). Ver y hablar como Tolomeo y pensar como Copérnico. *Enseñanza de Las Ciencias*, 7(2), 173–182.
- Latour, B. (1991). Pasteur y Pouchet: Heterogénesis de la historia de las ciencias. *Historia de Las Ciencias*. Madrid: Cátedra.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1995). *Bruno Latour Steve Woolgar La vida en el laboratorio*.
- Magendzo, A. (2005). Alteridad y diversidad: Componentes para le Educación Social. *Pensamiento Educativo*, 37(Diciembre), 106–116. Retrieved from <http://pensamientoeducativo.uc.cl/files/journals/2/articles/358/public/358-834-1-PB.pdf>.
- Malagón, J. F., Sandoval, S., & Ayala, M. M. (2013). La Actividad Experiencial: Construcción de Fenomenologías y Procesos de Formalización. *Praxis Filosófica*, 36(0120–4688), 119–138.
- Matthews, M. R. (1994). Historia, Filosofía y enseñanza de las ciencias: La Aproximación Actual. *Enseñanza de Las Ciencias*, 12(2), 255–277.
- Mena, A. M., & Méndez, J. M. (2009). La técnica de grupo de discusión en la investigación cualitativa: aportaciones para el análisis de los procesos de interacción. *Revista Iberoamericana de Educación*, 49(3), 5. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2966345&info=resumen&idioma=POR>

- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2004). Formar para la ciudadanía ¡Sí es posible! *Estándares Básicos de Competencias Ciudadanas.*, 32. <https://doi.org/10.1157/13084029>.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2001). Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. La formación en ciencias: ¡el desafío! *Estándares Nacionales de Educación*, 96–147. <https://doi.org/0370-3908>.
- Mockus, A. (2002). Convivencia como armonización de ley, moral y cultura. *Revista Trimestral de Educación Comparada*, XXXII(121), 19–37.
- Moreira, M. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa*, 6, 83–102. <https://doi.org/ISSN:1579-3141>.
- N.A. (2009). La Ciencia es Noticia. *SINC*. Retrieved from <https://www.agenciasinc.es/Multimedia/Fotografias/Dialogo-de-Galileo-el-libro-que-cambio-el-universoDialogo-de-Galileo-el-libro-que-cambio-el-universo-categoria/>
- Ordóñez, J., & Ordoñez, C. (2004). Cuando el cambio pedagógico es sólo metodológico. *Revista Estudios Sociales*, (19), 33–50.
- Piedrahita, L., & Gómez, V. (2014). Sociedad cultura y astronomía: dinamizadores de prácticas educativas para la paz. Una mirada crítica. *Ra Ximhai*, 10(2), 195–215.
- Piñuel, J. (2002). Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. *Estudios de Sociolingüística*, 3(1), 1–42. <https://doi.org/10.1080/0968465930010102>.
- Quiroz, A., Velásquez, A., González, S., & García, B. (2014). “Técnicas Interactivas para la investigación social cualitativa. *Universidad de Antioquia (UDEA)*., 114. Retrieved from [http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/33/tecnicas\\_interactivas1.pdf](http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/33/tecnicas_interactivas1.pdf).
- Quiróz, R., & Galeano, J. (2008). Papel de la Escuela en la Formación de un Valor ciudadano: La comprensión Intersubjetiva. *Pedagogía y Saberes*, (28), 77–84.
- Ramos, C. (2007). El caso galileo ante la Iglesia católica. *Revista de Teología & Cultura*, II(12), 45–49.
- Restrepo, C., Guzmán, J., & Romero, A. (2013). Una propuesta pedagógica centrada en la experimentación y fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias \*. *Nodos y Nudos*, 4(35), 76–93.



- Rodas, E. E. (2011). Arqueoastronomía y Astronomía Cultural, sus campos de acción y aplicación en Honduras -Conceptos. *Revista de Ciencias Espaciales*, 4(2), 6–13.
- Romero, Á., & Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. (primera). Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia. Retrieved from [http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/301/3/Romero\\_A y Aguilar\\_Y %282013%29 La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico.pdf](http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/301/3/Romero_A_y_Aguilar_Y%282013%29%20La%20experimentación%20y%20el%20desarrollo%20del%20pensamiento%20físico.pdf)
- Romero, A., Aguilar, Y., & Mejía, L. (2017). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores. El caso de la experimentación. In A. Romero, C. Morcillo, E. García, E. Tobón, J. Quinto, L. S. Mejía, ... Y. Aguilar (Eds.), *La experimentación en la clase de ciencias: aportes para una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacognitivas* (pp. 2–14). Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia. Retrieved from web: <http://editorial.udea.edu.co>
- Romero, A., Henao, B., Barros, J. F., Palacio, L. V., Restrepo, C., Arango, J., & Guzmán, J. F. (2013). Reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias como fundamento en propuestas de enseñanza: el caso de la experimentación en la clase de ciencias. In A. Romero, B. Henao, & J. F. Barros (Eds.), *La argumentación en la clase de ciencias: aportes a una educación en ciencias en y para la ciudadanía fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias* (pp. 71–98). Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia. Retrieved from web: <http://editorial.udea.edu.co>
- Romo, J. (2005). ¿Hacia Galileo experimentos? *Theoria-Revista De Teoría Historia Y Fundamentos De La Ciencia*, 19(52), 5–23.
- Sanchez, M., Gil, D., & Martínez, J. (1987). *Concepciones espontáneas de los profesores de ciencias sobre la evaluación: obstáculos a superar* (No. 3). *Enseñanza de la Física*. Valencia-España.
- Santisteban, A. (2004). Formación de la ciudadanía y Educación Política. *Facultad de Ciencias de La Educación y Psicología*. Taragona- España.
- Santisteban, A. (2009). Cómo trabajar en clase la competencia social y ciudadana. *Aula de Innovación Educativa*, 187, 12–15. Retrieved from [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/como-trabajar-en-clase-la-competencia-social-y-ciudadana \(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/como-trabajar-en-clase-la-competencia-social-y-ciudadana%20(1).pdf)
- Shapin, S. (1995). Una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle. *Cuadernos Del*

*Seminario, 1*, 41-84.

Silva, J. (2016). Sentencia de la Inquisición contra Galileo Galilei: el dogma contra la razón. *Heurística*, (7), 84–100.

Solbes, J., & Palomar, R. (2013). Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(1), 01–12. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000100016>

Stake, R. E. (2010). *Investigación con estudio de casos* (Morata). Madrid. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2005.00891.x>

Stengers, I. (1989). Los Episodios Galileanos. *Historia de Las Ciencias*, 255–285.

Toulmin, S. (2003). Regreso de la razón: El debate entre la racionalidad y la práctica personal en el mundo contemporáneo. In *Replanteamiento del método* (Península, Vol. XVIII, pp. 155–171). Barcelona.

Vargas, H. (2014). *La participación de los ciudadanos en la gestión de los conflictos*. UNIVERSIDAD DE GRANADA. Retrieved from <http://digibug.ugr.es/handle/10481/35171#.WqZQZ-jOXIV>

Vasilachis de Gialdino, I. (2006). La investigación cualitativa. *Estrategias de Investigación Cualitativa*, (2002), 1–22. Retrieved from [http://drapuig.info/files/Investigaci\\_n\\_Cualitativa.pdf](http://drapuig.info/files/Investigaci_n_Cualitativa.pdf)

## 7. Anexos

### 9.1 Anexo 1: Propuesta pedagógica



***La enseñanza de la astronomía como medio para articular la formación científica y la formación ciudadana: una propuesta fundamentada en reflexiones Metacientíficas***

***Investigadores: Natalia Muñoz Candamil y Ángel Enrique Romero Chacón***

#### Participantes (Seudónimo)

---



---



---



---

En la carta, Galileo presenta algunos argumentos en defensa del sistema copernicano, a la vez que muestra su desacuerdo por las acusaciones y el desprestigio al que ha sido sometido por parte de algunos seguidores de la doctrina eclesiástica. En particular, Galileo en esta carta manifiesta que existen dos perspectivas sobre el mundo diferentes, cada una de ellas fundamentada en distintas fuentes de conocimiento y, por lo tanto, no susceptibles de comparación: Por una parte, el conocimiento religioso, soportado en creencias y revelaciones, y expresado por las Sagradas Escrituras; por otra parte, el conocimiento del mundo natural, soportado en hechos y observaciones, y expresado a través de ciertas demostraciones.

Luego de la lectura detallada de la carta, responda las siguientes preguntas:

**A1.** ¿Cuáles argumentos pondría Usted en escena para contradecir o defender los argumentos presentados por Galileo? ¿Considera Usted que los argumentos presentados por Galileo contribuyen al reconocimiento de sus oponentes? ¿De qué manera?

**A2.** ¿Cuáles son los argumentos que utiliza Galileo para justificar que lo que dicen las Sagradas Escrituras no entra en conflicto con sus observaciones y demostraciones?

Las consideraciones y circunstancias expuestas en la carta se evidencian también en las dinámicas sociales. ¿Qué argumentos y estrategias pondría Usted en práctica para dirimir o conciliar un conflicto como en el que estuvo involucrado Galileo?



*La enseñanza de la astronomía como medio para articular la formación*

*científica y la formación ciudadana: una propuesta fundamentada en reflexiones Metacientíficas*

*Investigadores: Natalia Muñoz Candamil y Ángel Enrique Romero Chacón*

**Participantes (Seudónimo)**

---



---



---



---

A lo largo de las cuatro partes que constituyen la obra “Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo Ptolemaico y Copernicano”, publicado en 1632, tres personajes (Simplicio, Sagredo y Salviati) se reúnen durante cuatro jornadas en el palacio veneciano de Sagredo, para discutir y validar las ideas de los sistemas cosmológicos, el aristotélico-ptolemaico y el copernicano, que, para la época se consideraban sistemas rivales. En la Primera Jornada, Salviati (es decir, Galileo) lleva a cabo el trabajo de análisis filosófico que permite poner al mismo nivel la cosmología aristotélica y la copernicana; en la segunda y tercera jornada se aborda directamente el problema del movimiento de rotación de la Tierra sobre su eje y el del movimiento de revolución de la Tierra en torno al Sol. A lo largo de la discusión, Salviati, utilizando los principios fundamentales de la nueva física que Galileo ha estado construyendo en su estancia en Padua de 1592 a 1610: el principio de conservación del movimiento, el principio de relatividad mecánica y el principio de composición de movimientos, refuta uno tras otro los argumentos que Simplicio (Aristóteles) venía postulando en contra del movimiento de la Tierra. (Romo, J, 1996)

***La enseñanza de la astronomía como medio para articular la formación científica y la formación ciudadana: una propuesta fundamentada en reflexiones Metacientíficas***  
***Investigadores: Natalia Muñoz Candamil y Ángel Enrique Romero Chacón***

**Participantes (Seudónimo)**

---



---



---



---

Generalmente, la experimentación en el campo de las ciencias es asumida como una manera de comprobar teorías, y el laboratorio es el espacio físico donde se lleva a cabo dicha comprobación. Desde una mirada Epistemológica, la experimentación es una forma de ver y hablar de la naturaleza, en la cual se pone en evidencia algunas características de los hechos científicos. Desde esta perspectiva, la experimentación se convierte en un escenario para la construcción social del conocimiento científico; es decir, los instrumentos científicos y las prácticas experimentales se consideran, desde una mirada dialógica entre teorización y experimentación, como procesos que ayudan a concretar por medio de discursos tanto orales y escritos las percepciones de un fenómeno o una teoría científica. (Romero, 2013)

**A5.** En el *Dialogo* se pudo evidenciar los argumentos que presentaba Salviati para defender la movilidad de la Tierra y los argumentos de Simplicio para defender el reposo de la misma, los cuales fueron expresados poniendo en escena la actividad física experimental. De acuerdo con la información suministrada de la Esfera Armilar y del Péndulo de Foucault, y haciendo uso de esos instrumentos, proponga argumentos contundentes en defensa de uno de los modelos cosmológicos.

Explicite y ponga en escena una estrategia discursiva que contribuya a la movilización de consensos a favor del modelo cosmológico asignado, y al debilitamiento del modelo cosmológico opuesto.

## 9.2 Anexo 2: Protocolo Ético



### *Protocolo de compromiso ético y Consentimiento informado para participantes de investigación*

Proyecto de Investigación:	La enseñanza de la astronomía como medio para articular la formación científica y la formación ciudadana: una propuesta fundamentada en reflexiones Metacientíficas
Investigadores:	Natalia Muñoz Candamil

Estimado participante:

#### **Introducción.**

Usted ha sido invitado a participar en el Proyecto de Investigación titulado “*La enseñanza de la astronomía como medio para articular la formación científica y la formación ciudadana: una propuesta fundamentada en reflexiones Metacientíficas*”, cuya investigadora es la estudiante de Maestría Natalia Muñoz Candamil, bajo el acompañamiento del profesor de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia Ángel Enrique Romero Chacón en calidad de asesor.

El objetivo del estudio Comprender la relación entre la formación en ciencias y formación ciudadana en profesores en formación de la facultad de educación de la Universidad de Antioquia, mediante una propuesta pedagógica centrada en el estudio de la astronomía y contextualizada en reflexiones metacientíficas. El estudio se realizará con profesores en formación de las Licenciaturas en ciencias, en particular, me interesa conocer la relación que establecen entre la formación científica y la formación ciudadana por medio de discursos y producciones orales alrededor una propuesta de enseñanza de la Astronomía contextualizada con reflexiones metacientíficas

#### **Procedimientos.**

Si Usted acepta participar en el estudio:

Se le solicitará que realice lectura de algunos fragmentos de texto tomados de fuente original y controversias de la historia de las ciencias que subyacen de los modelos cosmológicos, además se le pedirá que responda algunas preguntas en relación con el contenido de estos textos y sus apreciaciones sobre la formación ciudadana.

Le invitaremos, también, a participar en un grupo de discusión, junto con otras personas como usted, para conocer sus opiniones y experiencias acerca de las posibles relaciones entre una formación en ciencias y una formación ciudadana. Es importante aclarar que no habrá respuestas correctas ni incorrectas, solamente queremos conocer sus consideraciones acerca del tema objeto de estudio.

Si Usted está de acuerdo, la discusión que se dé dentro de este grupo se realizarán registros fotográficos y se grabará en audio y video, con la única finalidad de tener registrada toda la información y poder analizarla.

#### **Beneficios**

De participar de todo el estudio los beneficios directos que recibirá Usted son los resultados de los hallazgos y análisis del estudio. Si Usted participa en al menos 80% de las actividades propuestas en el

estudio, recibirá una constancia de participación por parte del Grupo de Investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su enseñanza –ECCE. No se contempla ningún otro tipo de beneficios.

### **Confidencialidad / Devolución de la información**

La información obtenida en el estudio será de carácter confidencial, y se guardará el anonimato. Esta información será utilizada únicamente por el equipo de investigación del proyecto para el posterior desarrollo de informes y publicaciones en textos de divulgación y en revistas científicas. Aun cuando no podemos garantizar que los otros asistentes al grupo de discusión 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 con un seudónimo, y no con su nombre, lo que garantizará el compromiso de los investigadores de no identificar las respuestas y opiniones de los participantes de modo personal.

Todos los análisis y resultados del estudio le serán dados a conocer en primera instancia a Usted, para su conocimiento y validación. Igualmente, una vez terminado el estudio, se hará un encuentro con todos los participantes para presentar los hallazgos y conclusiones; esto con la intención de recibir sus observaciones y sugerencias, las cuales serán tenidas en cuenta en el informe final.

### **Riesgos Potenciales/Compensación**

Su participación en este estudio no involucra ningún riesgo o peligro para su salud física o mental. Los encuentros se realizarán en la misma Ciudadela Universitaria (UdeA), lo cual evitará que Usted tenga que desplazarse a otros lugares. Los riesgos potenciales que implican su participación en el grupo de discusión son mínimos; si alguna de las preguntas o temas que se traten le hicieran sentir un poco incómodo(a), tiene el derecho de no comentar al respecto. Igualmente, es importante precisar que Usted no recibirá pago alguno por participar en el estudio, y tampoco tendrá costo alguno para Usted.

### **Participación Voluntaria/Retiro.**

Su participación en este estudio es voluntaria. Su decisión de participar o no, no afectará sus derechos como profesores en formación de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. Si Usted decide participar en este estudio, es libre de cambiar de opinión y retirarse en el momento que Usted así lo quiera, sin recibir ningún tipo de sanción; en tal caso, la información que se haya recogido hasta la fecha será descartada y eliminada del estudio.

Datos de contacto:

Cualquier pregunta que Usted desee hacer durante el proceso de investigación podrá contactar a la profesora Natalia Muñoz Candamil, 3008656516, e-mail: electrónico: natalia.munozc@udea.edu.co.

Agradecemos desde ya su colaboración, cordialmente:

Profesores:     Natalia Muñoz Candamil  
                  Ángel Enrique Romero Chacón

### ACTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo \_\_\_\_\_, identificado con C.C. \_\_\_\_\_, acepto participar voluntariamente en la investigación *La enseñanza de la astronomía como medio para articular la formación científica y la formación ciudadana: una propuesta fundamentada en reflexiones Metacientíficas*, desarrollada por la profesora Natalia Muñoz Candamil estudiante 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 las actividades individuales y en el grupo de discusión, y consiento que se realicen registros fotográficos y grabaciones en audio y vídeo.

Declaro haber sido informado que las fuentes de información como escritos, intervenciones en el grupo de discusión, registros fotográficos, grabaciones de audio y video, se constituyen en bases de datos para los propósitos señalados, y que estos datos que se recojan serán de carácter confidencial y no se usarán para ningún otro propósito fuera de los de este estudio.

Declaro haber sido informado/a que mi participación no involucra ningún daño o peligro para mi salud física o mental, que es voluntaria, que puedo hacer preguntas en cualquier momento del estudio y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mí. De igual forma declaro haber sido informado/a que por mi participación no tendré ninguna compensación económica.

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 Facultad de Educación 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 la Investigadora	Identificación	Firma

Para su constancia se firma a los \_\_\_\_ días el mes de \_\_\_\_\_ de 2019.

Cualquier pregunta que Usted desee hacer durante el proceso de investigación podrá contactar a la profesora Natalia Muñoz Candamil, 3008656516, e-mail: electrónico: natalia.munozc@udea.edu.co.



### 9.3 Anexo 3: certificados Participantes



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación



## EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN ESTUDIOS CULTURALES SOBRE LAS CIENCIAS Y SU ENSEÑANZA

**ECCEP**

HACE CONSTAR QUE

**AGUDELO CASTRILLÓN BLADIMIR**

**1020444026**

Participó de forma activa en la implementación del proyecto de investigación *Reflexiones metacientíficas como eje articulador de la formación en ciencias y la formación ciudadana: la controversia entre las visiones de mundo Ptolemaica y Galileana*, con una duración 15 horas en los meses de junio y julio del año 2019.

Ángel Enrique Romero chacón  
Asesor

Natalia Muñoz Candamil  
Investigadora

#### 9.4 Anexo 4: Certificados ponencias



# 9° CNEF

## CONGRESO NACIONAL DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA ASTRONOMÍA

El comité organizador del 9º Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía, realizado los días 7, 8 y 9 de noviembre de 2018 en la ciudad de Bogotá-Colombia, certifica que,

**NATALIA MUÑOZ CANDAMIL**

asistió y presentó la comunicación en modalidad de

**PONENCIA**

*La enseñanza de la astronomía como medio para articular la formación científica  
y la formación ciudadana: una propuesta fundamentada en reflexiones  
metafísicas*

**Steiner Valencia**  
Universidad Pedagógica Nacional



Asociación Colombiana de Profesores de Física  
**ZEMAKAITA**

**Rosa Nidia Tuay Sigua**

Asociación Colombiana de Profesores de Física  
**SECEducación**



**Jaime Duvan Reyes**

Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
**UAN**

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

ANTONIO NARIÑO



# X Congreso Iberoamericano de Educación Científica

## Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias en debate

Se certifica que el trabajo **LA ASTRONOMÍA COMO ESTRATEGIA ARTICULADORA ENTRE FORMACIÓN CIENTÍFICA Y FORMACIÓN CIUDADANA: UNA PROPUESTA FUNDAMENTADA EN REFLEXIONES METACIENTÍFICAS**, cuyos autores son: *Natalia Muñoz Candamí, Ángel Enrique Romero Chacón*, ha sido presentado en formato **POSTER** en el X Congreso Iberoamericano de Educación Científica, realizado del 25 al 28 de marzo de 2019 en Montevideo, Uruguay.



**Daniel Mezlat Luna**  
Director

Cátedra Unesco de Educación Científica para  
América Latina y el Caribe



**Ana Lopater Blanco**  
Directora General  
Consejo de Formación en Educación

**Uruguay**

**Montevideo**

**25 al 28 de marzo de 2019**

[www.cieduc.org](http://www.cieduc.org)



Centro UNESCO  
de Educación Científica  
para América Latina  
y el Caribe  
CECALA/UC

Consejo de  
Formación en  
Educación

Instituto de Educación y Pedagogía  
Área de Educación en Ciencias y tecnologías



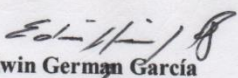
Santiago de Cali, enero 17 de 2020

**EL COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN EDUCACIÓN ÉNFASIS EN  
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

**HACE CONSTAR QUE:**

La profesora **Natalia Muñoz Candamil**. CC 32208471 perteneciente al Grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza –ECCE, Universidad de Antioquia, cumplió con la participación como ponente en el V encuentro Nacional de Grupos de Investigación y el I encuentro de posgrados, llevado a cabo los días 12 y 13 de diciembre, durante el periodo académico agosto- diciembre 2019, con la ponencia: El caso de la controversia entre las visiones de mundo tolemaica y galileana. Una manera de articular de la formación en ciencias y la formación ciudadana a través de reflexiones metacientíficas.

Cordialmente,

  
**Edwin German García**

Coordinador maestría en educación énfasis en enseñanza de las ciencias  
Organizador evento

---

Universidad del Valle  
Ciudad Universitaria Meléndez - A. A. 25360  
Conmutador: 321 21 00 Directo: 311 5271  
Santiago de Cali - Colombia

## 9.5 Anexo 5: Artículos publicados

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/14492>



# Revista Científica

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/index>



*Enseñanza de la Astronomía en los diferentes niveles Educativos*

## La enseñanza de la astronomía como medio para articular la formación científica y la formación ciudadana: una propuesta fundamentada en reflexiones metacientíficas

Astronomy teaching as a means to articulate scientific education and citizen training: a proposal based on metascientific reflections

O ensino da astronomia como meio de articular a formação científica e a formação cidadã: uma proposta baseada em reflexões meta-científicas

Natalia Muñoz Candamil<sup>1</sup>  
Ángel Enrique Romero-Chacón<sup>2</sup>

Resumen
<p>Se presenta algunos fundamentos teóricos y metodológicos de una propuesta de cualificación de profesores de ciencias, surgida en el marco de un Trabajo de Investigación en el programa de Maestría en Educación en Ciencias Naturales, de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia). El trabajo de investigación tuvo como objetivo general comprender la relación entre la construcción de conocimiento científico y cultura ciudadana en maestros de ciencias naturales, mediante una propuesta pedagógica centrada en el estudio de la astronomía y contextualizada en reflexiones metacientíficas. En particular, tomando como fundamento los aportes de las reflexiones metacientíficas en la enseñanza de las ciencias, se expone cómo el análisis pedagógico de episodios históricos de la astronomía, tales como los de Galileo en sus <i>Diálogos</i> y Foucault con su experimento del péndulo, permiten comprender el carácter socio-cultural de la actividad científica, y simultánea y complementariamente visibilizar y poner en práctica el ejercicio de la autonomía, la deliberación, y la tolerancia en la clase de ciencias.</p> <p><b>Palabras clave:</b> Conocimiento científico, educación en Ciencias, Enseñanza de la Astronomía, formación ciudadana, reflexiones metacientíficas.</p> <p><b>Abstract</b></p> <p>It presents some theoretical and methodological foundations of a proposal for qualification of science teachers, which arises in the setting of a Research Work in the in the master's program in Education in Natural Sciences, of the University of Antioquia (Medellín, Colombia). The main objective of the research work was to understand the relationship between the construction of scientific knowledge and civic culture in natural science teachers, through a pedagogical proposal focused on the study of astronomy and contextualized in meta-scientific reflections. In particular, it was based on the contributions of meta-scientific reflections in the teaching of science, it exposed how the</p>

<sup>1</sup> Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Contacto: [natalia.munozc@udea.edu.co](mailto:natalia.munozc@udea.edu.co)

<sup>2</sup> Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Contacto: [angel.romero@udea.edu.co](mailto:angel.romero@udea.edu.co)

<http://repositorio.cfe.edu.uy/handle/123456789/312>

Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias en Debate

**La Astronomía como estrategia articuladora entre formación científica y formación ciudadana: una propuesta fundamentada en reflexiones metacientíficas**

Natalia Muñoz Candamil<sup>1</sup>  
Ángel Enrique Romero-Chacón<sup>2</sup>

Departamento de Educación avanzada  
Universidad de Antioquia (Colombia)

<sup>1</sup>[natalia.munozc@udea.edu.co](mailto:natalia.munozc@udea.edu.co)

<sup>2</sup>[angel.romero@udea.edu.co](mailto:angel.romero@udea.edu.co)

**Resumen.** Este artículo, surgido en el marco de un Trabajo de Investigación (Tesis) en el programa de Maestría en Educación en Ciencias Naturales de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia), indaga sobre los posibles vínculos existentes entre la formación científica y la formación ciudadana. La investigación se dirige a profesores de ciencias naturales en formación, y centra su desarrollo en una propuesta pedagógica sobre el estudio de la Astronomía y fundamentada en reflexiones metacientíficas. Se toma como fundamento teórico los análisis de algunos episodios históricos de la astronomía, tales como los Diálogos de Galileo y el uso de instrumentos astronómicos antiguos. Se pretende con ellos poner en escena el carácter socio-cultural de la actividad científica, y simultánea y complementariamente, visibilizar y poner en práctica el ejercicio de la autonomía, la deliberación, y la tolerancia en la clase de ciencias.

**Palabras clave:** Conocimiento científico, Educación en ciencias, Enseñanza de la astronomía, Formación ciudadana, Reflexiones metacientíficas.

## 1. Descripción

La situación de post-conflicto que vive Colombia actualmente impone, al sector educativo en su conjunto y en particular el contexto de formación de profesores de ciencias naturales, la necesidad de reflexionar sobre asuntos que demandan una cultura de convivencia y de paz. Es por ello que surgen preguntas como: ¿Cuál es el aporte de la educación en ciencias a la formación de una comunidad democrática que favorezca los procesos de reconciliación y respeto por la diferencia? ¿Qué perspectivas y enfoques de la enseñanza de las ciencias son los adecuados y pertinentes para este propósito?

En este sentido, una educación en ciencias contextualizada se configura hoy en un reto ineludible en la medida que se constituye en una necesidad inseparable de la formación del hombre como sujeto social, respetuoso de las diferencias, sensible al cuidado de la naturaleza y abierto al pluralismo.

Sin embargo, a pesar de este desafío y de las regulaciones de las políticas educativas del Ministerio de Educación Nacional (MEN), en nuestro contexto educativo no se aprecia en las prácticas pedagógicas de las instituciones educativas la articulación entre

9.6 Anexo 6: Matriz unidades de unidades de análisis

Categoría	Subcategoría	Indicios	Unidad de Análisis
<p>Explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural. Una forma de favorecer la convivencia a partir de las diferencias.</p>	<p>Carácter controversial de las explicaciones científicas como fundamento para el reconocimiento de otro</p>	<p>Identifican diferentes perspectivas del mundo como parte fundamental de una controversia</p>	<p><b>Grupo 2</b>... Yo pienso que no necesariamente lo que no esté en la biblia sea directamente un oponente, sino que en esa época pues todos tenemos en cuenta que, que la biblia era como la máxima autoridad por decirlo así y también los reyes y la jerarquía, sin embargo, existían oponentes dentro de los mismos científicos y dentro de los mismos digamos colegas porque es que ellos sobresalían era de acuerdo a las investigaciones que desarrollaban y muchos no aceptaban la capacidad... no sé, intelectual superior a la de otro, quizás a veces entorpecían el trabajo de sus mismos compañeros eeh no sé tratando de refutar como vimos en la exposición también de aquí en el curso y todo los demás que ..y nos dimos cuenta que algunos cuando Faraday en la película estaba tratando de hacer todas su investigación no lo apoyaban etc etc etc, entonces no necesariamente el oponente es aquel que sea religioso o que no esté constatado en la biblia sino que también podemos encontrar oponentes dentro del misma comunidad.</p> <p><b>Grupo 1</b>...yo diría que hay tres clases, digamos en lo social él tenía los oponentes que se le oponían a sus ideas simplemente por la ideología pues imperante de la época, en el plano científico, había científicos pues que tenían algunas teorías físicas que eran anteriores, que habían estudiado y que defendían y los modelos de Galileo en cierta medida revolucionaban eso, digamos que ya no sé... con la medida del ímpetu como...o bueno digamos en el peso de Galileo, ósea quién está al nivel de Galileo para hacerle oposición a su no sé. su talante, a sus planteamientos o a su obra como tal, ya uno oponente como tal que saque otro modelo y ponga en cuestión el de Galileo más bien pocos, sería como ver qué tipo de oposición le estaban haciendo a él...no sé si soy claro...</p> <p><b>Grupo 3:</b> osea la equivocación de ellos, más que defender el punto de vista de Ptolomeo era porque pues lo decían las sagradas escrituras, ósea entonces, estaban equivocados (yo también digo que estaban equivocados si o que), pero entonces estaban equivocados era precisamente era como así enfocados, en que no, eso está en la biblia y así, eso están en las sagradas escrituras y así es, porque lo vamos a poner en tela de juicio si ya está escrito ahí, entonces la equivocación es como de satanizar de alguna manera el pensamiento del otro, porque ya está escrito en este libro, porque voy a decir al otro que no, entonces más que decir</p>

			<p>que Ptolomeo, porque Ptolomeo hace cien años lo dijo, no, era porque estaba en la biblia por eso ellos lo creían verdad completamente. un conflicto es eso genera muuucha, mucha oportunidad de debate, intervienen distintas miradas de las personas, no solamente sus conocimientos y lo que considera verdad sino también sus inclinaciones políticas, sociales , culturales, y así mismo fue en la época y los opositores de Galileo pues se inclinaban más por las otras y él era más solo. Paila</p>
		<p>Consideran que Galileo reconoce a sus oponentes y busca estrategias para conciliar con ellos</p>	<p><b>Grupo 1:</b> [...]Si si, lo reconoce en tanto busca llegar a consenso y plantear argumentos en tanto busca conciliar con el otro pues uno no puede conciliar con otro que no reconoce si lo reconocía en tanto trataba de mediar con ellos, de llegar a un consenso, de llegar a un acuerdo de ...no sé de pensamiento</p> <p><b>Grupo 3:</b> Con respecto a los oponentes estaban guiados por lo que la religión planteaba cierto, lo que no era expuesto en las escrituras no servía</p> <p><b>Grupo 1:</b>...en cambio yo creo que la carta y con los argumentos que tiene la carta si es pertinente porque para que... pues lo que él trataba de exponer ahí no era sus afirmaciones, hallazgos o creencia sobre el movimiento planetario, lo que él quería mediar con los oponentes (para mí sí eran sus oponentes), era esa parte de si iba en contra o no de las escrituras y por lo tanto me parece antes muy inteligente haber usado las mismas escrituras para haberse defendido. Ya los hallazgos y los informes experimentales de alguna manera los podía dar en otro tipo de producciones como los diálogos.</p>
	<p>Flexibilidad intelectual como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales</p>	<p>Proponen solucionar conflictos mediante estrategias discursivas y las relacionan con otras dinámicas sociales</p>	<p><b>Grupo 1:</b> lo primero, lo que siempre se debería hacer es mediar a partir del dialogo y dialogar con el otro o con los otros con los que está el conflicto, a partir de ese dialogo buscar un consenso, si , buscar un consenso entre esas dos posturas que hayan, en caso de no haber consenso, decidir que ambas posturas pueden coexistir y decidir en qué manera pueden coexistir y cuarto, buscar ese consenso, si no se da ese consenso hay dos opciones: la primera buscar contradicciones en los argumentos del otro, decirle: “ si ve amigo, está equivocado, hay se contradijo, entonces no o convencerlo” y ya la otra sería decidir que ambas posturas pueden coexistir.</p> <p><b>Grupo 2:</b> para conciliar un conflicto, consideramos importante los razonamientos lógicos de cada parte, mostrando posiciones con buenas bases, pretensiones reflexivas y mostrar lo importante que es el estudio del campo</p>



tratado, con altura y sin desprestigiar los otros pensamientos, que sea convincente en el discurso que maneje manifestando juicios significativos, claros y seguros sobre sus estudios

**Grupo 3:** Nosotros pusimos que haríamos una charla, donde cada una de las partes, si nos venimos al siglo XXI, entonces con un experto en astronomía y un teólogo expongan los argumentos que cada uno sostiene. si o que. Así, se trataría de tomar posturas, analizarlas y de estas sacar la que, según cada sujeto, cada persona considere que se acomode a los hechos

**Grupo1:** nosotros poníamos que el diálogo siempre Busca que se reconozca las posturas de ambos y se llegue a un consenso con ello, la idea es intentar persuadir al otro con discurso no con la imposición cierto, lo que hacía Salviati, No es simplemente porque yo lo digo, sino que lo iba a llevando, lo iba llevando, y consideramos que sí se puede evidenciar en otras dinámicas sociales por ejemplo, un juicio donde hay unos Opuestos cierto, uno que defiende una postura, y otro que otra y hay un mediador que es el juez o cuando se está haciendo un trabajo en equipo que lo que se busca es dadas diferentes posturas llegar a un consenso.

inves.. en el diálogo Cuáles serían los opuestos

... Simplicio y Salviati

Ángel... ¿y el juez?

... Sagredo

**Grupo 2:** se puede evidenciar en otras dinámicas sociales como la política, la educación, la vida cotidiana tales como estar A favor o en contra del aborto, A favor o en contra la diversidad sexual, la Libertad de pertenecer a x o a y culto etc.

**Grupo 3:** Cómo llegar a esos consensos de lo que son las cosas observamos que se evidencia pues los debates, pusimos como ejemplo la alimentación y la siembra, si son claros los ejemplos, porque creemos que en ambos está la teoría pero también pues hay unos los hechos, una experimentación cierto, como por ejemplo hay unas teorías de alimentación, qué dicen esto entonces la gente según Cómo se alimente va observando cambios pues en su cuerpo y en la siembra por ejemplo a la hora de disponer tal cultivo, qué dónde van a recibir más sol, bueno Y en todo eso, nosotros observamos que se pueden dar unas disputas donde hay, donde hay unos puntos de vista en los cuales se busca pues la solución que mejor sea para la sociedad, como cuál es la forma más apropiada para alimentarnos o la forma más apropiada para sembrar.

		<p>Reconocen que la solución de un conflicto esta permeado por un escenario dialógico</p>	<p><b>Grupo 1:</b> La retórica utilizada por Salviati le permite proponer experiencias físicas que llevan a contradicciones a su oponente</p> <p><b>Grupo 2:</b> Entonces en qué sentido tales argumentos cumplen este fin, pues Simplicio al pensar en el argumento que expone Salviati, recapacita y se da cuenta que los argumentos Aristotélicos tienen ese error, mostrando desde la experiencia lo forzoso que se ve afirmar que la tierra está inmóvil</p> <p><b>Grupo 3:</b> en ese momento Salviati hablaba de Simplicio cómo, “estás utilizando tu argumento a partir de lo que quieres demostrar” O sea él quería Mostrar que la tierra estaba estática y se paraba de ahí para demostrar que la tierra estaba estática y si suponemos que la tierra está movimiento ¿qué pasaría?, ¿Qué otros movimientos estarían ahí?</p> <p><b>Grupo 2:</b> De qué manera la forma en la que se desarrolló el diálogo contribuye a solucionar el conflicto expuesto, decimos que la forma en la que lo hace es conciliado ambos modos de pensar de tal modo que se evalúe, se desmenuce, comparta las concepciones establecidas, etc, podemos ver un entramado en el que uno escucha atentamente mientras otro expone sus argumentos y un tercero que no está a favor de nadie</p> <p><b>Grupo 3:</b> yo veía esa parte Como del diálogo contribuye a solucionar el conflicto era más como en el peso del argumento, porque Salviati Lo que hubiera podido decir es yo no estoy de acuerdo con que la Tierra Este quieta y ya, Y eso es lo que yo pienso cierto, no, él no hizo eso, él utilizó esos argumentos no de manera apresurada sino que se tomó el tiempo como explicar por qué Y por eso yo digo que es una manera claro, es una manera de llevar una discusión pero precisamente resaltando eso, no, no fue apresurado para Salviati decir no estoy de acuerdo contigo y ya, sino que en ningún momento mencionó que no estaba de acuerdo, sino mencionó su manera de pensar cierto y lo argumento, eso es lo que que yo quería Resaltar ahí que no puede decir que no y ya.</p>
<p><b>La experimentación como escenario de construcción social de explicaciones científicas: una forma de Pluralismo y</b></p>	<p>Experiencias físicas como fundamento para movilizar consensos</p>	<p>Establecen relaciones entre los diferentes estilos de pensamiento con las experiencias físicas</p>	<p><b>Grupo 2:</b> decimos que él presenta los argumentos Aristotélicos, los expone para decir que eso es lo que ellos piensan que con firmeza demuestra que la tierra está inmóvil, procede encontrar en estos un error, se supone que la tierra está inmóvil para demostrar que la tierra está inmóvil, Como que demuestra...hace la demostración con la tesis</p> <p><b>Grupo 3:</b> Simplicio propone lo siguiente, si nosotros arrojamos una roca desde la cima de una torre vamos a observar que la roca cae paralela a la torre y perpendicular a la Tierra, lo que da garantizaría que la tierra permanece inmóvil, Por lo que, Salviati propone Entonces que se analizáramos este sistema en</p>

<p><b>Transformación social</b></p>			<p>movimiento, entonces tendríamos dos casos: Si el sistema estuviera en movimiento cuando dejamos caer la roca pues podremos observar de que la roca tal vez choque con la torre, Pero si va si la arrojamos de ese lado vamos a notar que la roca va a caer más alejado de la base, ese sería el argumento que sea del pensamiento aristotélico cierto, nosotros lo que decimos es lo siguiente supongamos que si el sistema está quieto, Entonces, vamos a observar que la piedra va a caer de manera paralela cierto y perpendicular a la tierra cierto, si ponemos el sistema en movimiento si es una persona que se encuentra en el mismo sistema, Entonces qué va a pasar?[...] Entonces nosotros lo que decimos es lo siguiente; ese argumento lo que hace es más que encontrar una contradicción o afirmar que la tierra Está quieta, lo que hace es abrir otra posibilidad que esa fue la polémica que se abrió pues en la discusión entre nosotros. si en realidad esa era un argumento sólido para decir que la tierra se encuentra estática o en realidad lo que hace es abrir posibilidad</p> <p><b>Grupo 3:</b> nosotros lo que decíamos era que no era contundente para usted determinar si es. O sea, para tumbar la teoría del otro y decir contundentemente que la tierra estaba quieta, no se podía utilizar para tumbar ese pensamiento cierto, no era contundente, Abre otra posibilidad cambia pues como el pensamiento y da la posibilidad de otra de otra posibilidad cierto, por eso era que nosotros decíamos que en ese caso era la discusión si realmente era contundente para tumbar la idea del otro y en cambio nosotros lo vemos es como que Abre otra posibilidad para que la persona tenga otra opción de pensamiento, me hago entender como la diferencia, entonces por eso nosotros decíamos que no era contundente</p> <p><b>Grupo 3:</b> Entonces ¿cuál va a ser la premisa de nosotros? Que ese es desplazamiento va hacer en el plano, cierto y no va a variar, no va a haber Este cambio, pero cuando se hace el experimento, Se observa de que hay un cambio en el transcurso del tiempo, en ese recorrido, empieza a dar cambios transcurrido cierto tiempo, Entonces qué es lo que pasa? si nosotros con base en la premisa que estamos tomando, este siempre va a estar en un solo plano, que tiene que ser lo que genere esos cambios? la rotación de la Tierra</p>
	<p>Proponen experiencias físicas como estrategia discursiva para movilizar consensos</p>	<p><b>Grupo 3:</b> en esa sí tuvimos también como consenso, en esa propusimos lo siguiente: el argumento propuesto cumple con este fin, o sea el anterior que ya expusimos, debido a que los análisis hechos por Simplicio se limitaban a fenómenos terrestres lo que dispone que sean analizados por un observador en el mismo sistema mientras que los análisis hechos por Salviati abren la</p>	

posibilidad de un observador externo al sistema, o sea lo que nosotros proponíamos ahora cierto, si nosotros por decir.. Simplicio proponía de que el observador estaba siempre en este mismo sistema cierto, cuando uno arrojaba la roca desde la cima de la Torre cierto, si nosotros saliéramos de este sistema, nosotros como observadores de este fenómeno y este estuviera en movimiento, nosotros lo que observaríamos Es que la roca Describe qué? que un movimiento semiparabólico que fue lo que logró observar Salviati en ese entonces, entonces por eso creemos que ese argumento que propusimos Pues digamos que cumple con ese fin, de apoyar el debilitamiento de esa hipótesis, el de la inmovilidad.

**Grupo 3:** Supongo que usted está en un carro iba a velocidad constante en una carretera super bien pavimentada y las ventanas están completamente oscuras y usted no puede ver hacia afuera, ustedes cómo diría que se está moviendo, como diría usted que usted está en el carro que se está moviendo, si usted está velocidad constante y van en una carretera completamente pavimentada y usted no fue a ver hacia afuera?

**Grupo 3:** yo voy a decir lo siguiente, vamos a suponer que este es un carro yo voy a llegar y me voy a montar acá en el carro voy a medir, voy a medir la longitud de este tarro, cierto, ahora ese carro arrancó y yo estoy dentro del sistema, Entonces yo vuelvo y mido el tarro cuando está en movimiento te hago una pregunta? el hecho de que yo lo mida, la misma longitud con el carro en movimiento o con el carro quieto, garantiza o me sirve para garantizar o me sirve para predecir que el carro está quieto o está en movimiento? porque ustedes me están utilizando como argumento la precisión en sus medidas, el hecho de que yo tenga precisión en las medidas me puede garantizar que yo estoy en movimiento, ve.... que estoy en reposo o estoy desplazándome simplemente por tener precisión en las medidas?

**Grupo 3:** sí vos haces ese tipo de giro , entonces préstame lápiz por favor (recrea el movimiento de un péndulo con un lápiz y una cartuchera), Este es el plano en el que se desplaza cierto, usted lo quiere poner es a girar así, le hago una pregunta, este plano está cambiando? el plano está cambiando?

**Grupo 1:** ¿cuál?

**Grupo 3:** póngalo a girar como lo quiere poner a girar usted, haga esto, el plano va a cambiar?

**Grupo 1:** no, el plano no cambia... ¿Pero y esto está cambiando?

**Grupo 3:** sí, es que esa es la idea, que está cambiando, que está oscilando, precisamente Esa es la evidencia si este plano no va cambiar, pero en la realidad

			<p>se sabe que, si está cambiando y se están dando esas variaciones, entonces si esto no puede cambiar, ¿qué es lo que pasa? que la tierra está girando, Porque si no haría una línea</p> <p><b>Grupo 1:</b> nosotros decíamos que es estrategias discursivas, son como esa ...como esa capacidad o habilidad para convencer al otro a partir del discurso y ese discurso complementado con las experiencias físicas permiten convencer al otro o por lo menos hacerlo dudar porque esas experiencias físicas pues hace que eso que él piensa sea más cercano, lo involucren más</p> <p><b>Grupo 1:</b> el primer argumento que vamos a presentar como grupo está basado en el instrumento, cierto, estamos acá reunidos para replicar el funcionamiento de la naturaleza por medio de La Esfera armilar. La Esfera armilar está construida de tal forma en la que exactamente describe el movimiento del sol independientemente del lugar en el que se encuentre sobre la tierra, cierto, ¿eso qué nos muestra? que es una posibilidad para describir ese movimiento a partir de un instrument</p> <p><b>Grupo 2:</b> el sistema geocéntrico no se basa en suposiciones sino lo que nos muestra la experiencia que está al alcance de nuestros sentidos, Supongamos que, no supongamos no, la tierra Está quieta, si la tierra se moviera, ahora supongamos que la tierra se mueve alrededor del sol, veríamos como las estrellas a medida que pasa el tiempo cambian de posición lo cual no sucede, las estrellas siempre están en su mismo punto fijo, es decir, siempre están en las mismas posiciones, ahora la esfera armilar predice perfectamente el movimiento de todos estos astros las estrellas, la Luna y el Sol</p> <p><b>Grupo 2:</b> A la pregunta que ellos nos habían hecho y que también se la había hecho al compañero,</p> <p>Respondo a la pregunta, la esfera armilar predice perfectamente los equinoccios y los solsticios, ella tiene un sistema en el cual podemos mover entre los meses del año, el movimiento del sol, es decir se puede ir moviendo... claro que el sol no describe el mismo camino siempre todos los días, él se va moviendo y la Esfera armilar predice perfectamente eso.</p> <p><b>Grupo 3:</b> Bueno, entonces nuestro argumento es, tenemos un péndulo, cierto, El péndulo lo vamos a mover hacia el Polo Norte, y vamos a poner un péndulo de tal manera que tengo una masa homogénea es decir que sea igual en todos sus puntos y que sea lo suficientemente pesado para que podamos desprejar el aire y otras cosas, El péndulo va a estar colgado de un hilo, va a estar de un solo punto y vamos a desprejar Entonces de dónde está sujetado precisamente</p>
	<p>El carácter discursivo del instrumento como medio para fortalecer o cambiar convicciones y pensamientos</p>	<p>Apelan al carácter discursivo del instrumento para cambiar convicciones y pensamientos</p>	

			<p>porque es de un solo punto, lo hacemos, lo hacemos oscilar y que se desplace oriente a occidente es decir en el mismo ciclo que sale el sol, el Sol sale de oriente a occidente si nosotros dejamos El péndulo oscilar durante un tiempo digamos 24 horas qué vamos a encontrar? si la tierra estuviera quieta, encontraríamos Que El péndulo va a seguir siempre la misma trayectoria, sin embargo, lo que se encuentra es que no hacen la misma trayectoria sino que rota, va cambiando su sentido, Entonces si la tierra Está quieta, qué lo hace mover?</p> <p><b>Grupo 3:</b> tenemos este sistema cierto, acá Va a estar El péndulo oscilando en esta forma, El péndulo oscila y hace esta línea cierto, está oscilando así, Sí esta base fuera... ahora la línea se va a formar así, sigue rotando, va a generar una serie de líneas, cuando nosotros dejamos El péndulo oscilando durante vario tiempo, la imagen Qué forma va a ser igual a esta sabiendo que aquí estaba rotando la base, como forma la misma imagen lo que concluimos que lo que rota es la base, como tal esa rotación que no se la dimos al péndulo porque lo teníamos estático, así concluimos que es debido al movimiento de la tierra Porque forma la misma figura</p>
		<p>Proponen argumentos en defensa o en contra de las Teorías ptolemaica y copernicana basado en los modelos físicos</p>	<p><b>Grupo 3:</b> ¿De qué forma podemos saber le preguntó al equipo número 2, Tú dijiste que esa esfera armilar nos permite saber la posición del sol en cualquier momento De qué manera uno sabe dónde está el sol por ejemplo cuando está de noche?</p> <p><b>Grupo 2:</b> la esfera armilar, Si no la conoces tiene en el centro la tierra y alrededor tiene la eclíptica que es por donde circula el sol, entonces durante el día el sol está sobre la parte encima de la eclíptica y durante la noche está sobre la otra mitad de la eclíptica que sería la otra mitad de la tierra que está de noche, es decir, la Esfera armilar permite saber que una parte de la tierra está de día mientras la otra está de noche, cuando está de noche el sol está en alguna parte de la eclíptica, en alguna parte del recorrido de la eclíptica, pero ya no lo podemos ver estando en la otra parte de la Tierra</p> <p><b>Grupo 1:</b> otra de las formas para mirar Dónde está el sol, porque como siempre va a seguir siempre la misma línea de la eclíptica, sería medir el tiempo que transcurre o qué ha transcurrido desde que se nos escondió en esta parte, cierto, se nos esconde en esta parte, Ya no lo vamos a poder ver literal, Pero podemos ubicarlo en el aparato dónde estaría el sol en el recorrido, que haya tiempo en correspondencia con la distancia que se haya dado también, me hice entender?</p> <p>otra pregunta para el equipo número 2</p>

			<p><b>Grupo 3:</b> ustedes dicen que están basados a partir de los sentidos, entonces me Ubicar en un barco y tengo un objeto que está en reposo con respecto, es decir, el objeto y yo estamos en el mismo sistema, cierto, que es el barco, todos dos estamos ubicados en el barco. Entonces el barco se está desplazando, el hecho que desde de los sentidos y el hecho de que nos encontremos en el mismo sistema si yo tengo un objeto que está quieto con respecto a mí que estoy en el mismo sistema, le hago una pregunta, una persona que esté por fuera va a percibir que el objeto está en movimiento, cierto, que esté por fuera del barco. Entonces al estar yo en el mismo sistema puedo garantizar que ese objeto está quieto siempre? Por el simple hecho de que me esté orientando por los sentidos.</p> <p><b>Grupo 3:</b> lo que pasa es que, el que está tratando de justificar eres tú, cómo se Argumenta, ve..cómo se justifica, por medio de argumentos, nosotros lo que estamos haciendo es invalidar el argumento tuyo, diciendo que no se puede garantizar con el argumento que estás dando de que la tierra esté quieta o sea el que está justificando eres tú, los que estamos dando el argumento y los que buscan invalidarlo somos nosotros, ya nosotros ahorita que daremos el argumento de porqué nosotros consideramos que la tierra se mueve</p> <p><b>Grupo 2:</b> si bien ustedes están considerando El péndulo cierto, tenemos acá el punto fijo, supongamos que esté es el punto y él está girando, cierto, sube baja sube y baja en una misma dirección en un mismo plano como me garantizan ustedes que no hay otras fuerzas externas Dentro de este medio continuo, como puede ser la presión, puede ser la fuerza del aire, la densidad que hay en este mismo medio, que me está alterando esta oscilación perpetua y continua en este movimiento sino que esas otras fuerzas en cierta medida a Pequeños grados empieza a desviar el movimiento que está generando Ese péndulo, Cómo pueden garantizar que eso es ideal?</p>
--	--	--	---

### 9.7 Anexo 7: Registro Fotográfico







