

DIVERSIDAD CONCEPTUAL Y EPISTÉMICA DE LOS  
CONCEPTOS DE ESPACIO Y TIEMPO

EDGAR DAVID GUARIN CASTRO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
2013

DIVERSIDAD CONCEPTUAL Y EPISTÉMICA DE LOS  
CONCEPTOS DE ESPACIO Y TIEMPO

EDGAR DAVID GUARIN CASTRO

*Asesora*

ROSA INÉS PEDREROS MARTÍNEZ

Tesis para optar por el título de Magister en Docencia de las Ciencias  
Naturales

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
2013

*A Dios, a mi hermosa familia  
y a mi gran amor Helena*

# AGRADECIMIENTOS

El camino recorrido durante la elaboración del presente trabajo estuvo acompañado de muchos desafíos, de noches en vela, de dificultades y de retos propios de la labor investigativa, los cuales logré afrontar gracias a la presencia de Dios en mi vida y al apoyo incondicional de todas las personas que hicieron parte de este proceso, a quienes agradezco de todo corazón pues no sólo me dejaron gratos momentos, sino también experiencias y conocimientos invaluable que me han permitido crecer como persona, como ser humano y por supuesto, como docente.

En primera instancia quisiera agradecer a Dios, a mis padres y a mis hermanos por su compañía, sus cuidados, su amor, su comprensión, su paciencia y sus sabios consejos, que me brindaron la inspiración y las fuerzas suficientes para alcanzar tan anhelada meta y culminar así esta importante etapa de mi formación profesional. Infinitas gracias les doy pues a ustedes debo todos mis éxitos y todo lo que soy.

Agradezco también y de manera muy especial, a la hermosa mujer que amo con alma, vida y sombrero, a la mujer que engalana mi existir con su presencia, a la mujer que por una bella serie de coincidencias afortunadas, hoy me llena de mucha felicidad y alegría. A ti María Helena gracias por tu apoyo desinteresado, por tu gran amor y por hacer parte fundamental de este sueño.

A mi asesora y maestra Rosita muchas gracias por su compromiso, su empeño y su valiosa orientación, los cuales enriquecieron y configuraron este trabajo siempre a través de ideas ingeniosas y pertinentes. Mil gracias por la confianza depositada en mí y por enseñarme con su carisma e increíble personalidad, a valorar cada día más la labor docente.

Agradezco a la Universidad Pedagógica Nacional por el apoyo económico brindado durante la Maestría y al grupo de docentes de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, porque cada uno aportó desde su perspectiva y sus conocimientos elementos y herramientas esenciales para mi formación y para la consecución del trabajo investigativo,

los cuales fueron bastante provechosos sobre todo para las discusiones en torno al problema de estudio y para aclarar las dudas que surgieron en el camino.

Asimismo quiero agradecer la valiosa colaboración de las directivas del Gimnasio San Angelo en cabeza de la Rectora María Isabel Álvarez y la Vicerrectora Beatriz Álvarez, quienes facilitaron los espacios físicos y temporales requeridos para la implementación del Club de Astronomía y de la propuesta de aula. Agradezco también a los docentes de la institución y a los educandos que participaron y aportaron enormemente con sus conocimientos y experiencias a las actividades de la propuesta de aula, pues a partir del trabajo con ustedes llegué a reflexionar, a resignificar y a aprender nuevas cosas sobre el trabajo y la responsabilidad que implica ser docente.

Finalmente, gracias doy a mis compañeros y amigos de maestría por hacer de esta experiencia mucho más amena y agradable, siempre con sus buenos comentarios e ideas, así como con las infaltables bromas y caricaturas con las que fue posible afrontar los problemas y los obstáculos con una mejor actitud. Gracias por aportarme nuevas perspectivas y nuevas formas de ver el mundo.

Este trabajo es de ustedes y para ustedes, por eso mil gracias a todos.

*“Para todos los efectos declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría;  
en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o  
investigadores, he dado los respectivos créditos”.*  
**Consejo Superior, Acuerdo 031 del 04 de diciembre de 2007,  
Artículo 42, parágrafo 2.**

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Realidad de la Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 15-10-2013</b>	<b>Página VII de 173</b>	

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de Grado – Maestría
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	Diversidad Conceptual y Epistémica de los Conceptos de Espacio y Tiempo
<b>Autor(es)</b>	GUARIN CASTRO Edgar David
<b>Director</b>	PEDREROS MARTÍNEZ Rosa Inés
<b>Publicación</b>	Bogotá, 2013. Universidad Pedagógica Nacional, P. 173
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	Espacio, Tiempo, enseñanza, ciencias naturales, educación, diversidad conceptual, diversidad epistémica, modos de hablar, experiencia, lenguaje, conocimiento, Astronomía, orientación.

<b>2. Descripción</b>
<p>Espacio y Tiempo se constituyen como <i>conceptos</i> en tanto son herramientas de conocimiento producto de los modos de hablar y de pensar de las personas, a través de los cuales se logran realizar abstracciones sobre la experiencia, en relación con la duración de acontecimientos, la ubicación de objetos o el movimiento de los cuerpos. El presente trabajo buscaba significar con los estudiantes del Gimnasio San Angelo, los conceptos de Espacio y Tiempo a partir de actividades de orientación y ubicación en relación con aspectos concernientes a la Astronomía de Posición, partiendo de la pregunta: <i>¿Cuál es la diversidad conceptual y epistémica que subyace a los conceptos de Espacio y Tiempo en los modos de hablar de los estudiantes del Gimnasio San Angelo?</i> A la base de este trabajo se encuentran las reflexiones sobre la <i>Enseñanza e Historia de las Ciencias</i>, los <i>modos de hablar y de pensar</i>, y la <i>diversidad conceptual y epistémica</i> de estos conceptos.</p>

<b>3. Fuentes</b>
<p>Arcà, M., Guidoni, P., &amp; Mazzoli, P. (1990). Enseñar Ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base. España: Paidós.</p> <p>Aristóteles. (1995). Libro IV. En Aristóteles, Física (G. de Echandía, Trad., págs. 113-168). España: Editorial Gredos, S.A.</p> <p>Avila-Reese, V. (2008). El Espacio y el Tiempo en la Astronomía. En B. Berenzon, &amp; G. Calderón, Diccionario Tiempo Espacio (págs. 73-92). México: Universidad Nacional Autónoma de México.</p>

### 3. Fuentes

- Dewey, J. (1910). *How we think*. Boston: D. C. Heath & co. publishers.
- Edwards, P., & Smart, J. J. (1964). *Problems of space and time*. Nueva York: The Macmillan Company.
- Einstein, A., & Infeld, L. (1958). *La Física Aventura del Pensamiento*. Buenos Aires: Losada S.A.
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. *Sociedad Colombiana de Epistemología*, 3(10), 65-80.
- Ferrater Mora, J. (1956). *Diccionario de Filosofía*. Buenos Aires: Sudamericana.
- Guba, E., & Lincoln, Y. (2002). Paradigmas en competencia en la investigación cualitativa. En C. Denman, & J. A. Haro, *Por los rincones. Antología de los métodos cualitativos en la investigación social* (págs. 113-145). Sonora: El Colegio de Sonora.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación* (Cuarta ed.). México: McGraw Hill.
- Jammer, M. (1954). *Concepts of Space: The history of theories of space in physics*. Cambridge: Harvard University Press.
- Nicol, E. (1955). Los Conceptos de Espacio y Tiempo en la Filosofía Griega. *Diánoia*, 1(1), 137-180.
- Piaget, J. (1987). *Introducción a la Epistemología Genética: El Pensamiento Físico* (Vol. 2). (M. Cevasco, & V. Fischman, Trads.) México: Paidós.
- Segura, D. (2000). Las ATAs: una alternativa didáctica. En E. P. Experimental, *Planteamientos en Educación: Enseñanza de las Ciencias* (págs. 9-38). Bogotá: Colección Polémica Educativa.
- Tenbrink, T. (2006). *Space, time, and the use of language: An investigation of relationships*. Bremen: SFB/TR 8 Spatial Cognition, University of Bremen.
- Valencia, G., & Olivera, M. E. (2005). *Tiempo y espacio: miradas múltiples*. México: CEIICH – UNAM – Plaza y Valdés.
- Wagner, P. (1975). *The development of personal space and personal time perspective*. Tesis Doctoral en Filosofía. Florida.: Universidad de Florida.

### 4. Contenidos

El presente documento se encuentra organizado en seis capítulos: En el primero se analizan los antecedentes sobre los modos de hablar a propósito del Espacio y del Tiempo encontrados en investigaciones de corte cognitivo, pedagógico, lingüístico y epistemológico. En el segundo se abordan algunos modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo propuestos desde la Filosofía y la Física, partiendo desde los pensamientos antiguo y clásico hasta los planteamientos de las ideas modernas. En el tercero se discuten los conceptos: modos de hablar, modos de pensar y diversidad conceptual y epistémica, en relación con los conceptos de Espacio y Tiempo. En el cuarto se exponen los referentes metodológicos que guiaron la investigación. En el quinto se describe la propuesta de aula "Orientación y Ubicación con estudiantes del Gimnasio San Angelo". En el sexto se presentan las reflexiones sobre el trabajo de la vivencia, a partir de las categorías de experiencia, lenguaje y conocimiento, y modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo. Para finalizar, se establecen las conclusiones a las que se llegaron al culminar este trabajo y la bibliografía de referencia.

## 5. Metodología

Se llevó a cabo una investigación de tipo documental con la que se establecieron los referentes teóricos y las fuentes de información necesarias que permitieron sentar las bases para reconocer la diversidad conceptual y epistémica de los conceptos de Espacio y Tiempo, desde ámbitos del conocimiento como la Filosofía, la Física, el Cognitismo y la Pedagogía. Como complemento a este trabajo, se realizó paralelamente una investigación cualitativa con un enfoque descriptivo e interpretativo, fundamentada en el estudio de caso, con la que fue posible reconocer los modos de hablar de los estudiantes participantes en el trabajo investigativo en torno a los conceptos de Espacio y Tiempo, a partir de los testimonios recolectados a través de las actividades de la propuesta de aula.

## 6. Conclusiones

Los modos de hablar sobre los conceptos de Espacio y Tiempo manifestados por los educandos pueden llegar a tener diferentes significados según el contexto de uso, por lo que no es posible darle a cada uno de estos conceptos una definición estricta, ni considerarlos como una sola entidad relativista, aunque se encuentren relacionados.

Tanto la experiencia como la interacción dialógica con otras personas contribuyeron significativamente a que los educandos reestructuraran tales conceptos, para lo cual fueron indispensables las actividades planteadas en torno a la orientación y la ubicación. Las actividades condujeron a modos de pensar el Espacio y el Tiempo más complejos, en donde surgieron situaciones que involucraron el movimiento aparente de las estrellas, la manipulación de instrumentos de medida, el establecimiento de sistemas de referencia, etc., lo que permitió develar las ideas de los educandos sobre los conceptos.

Se encontró cómo los modos de hablar sobre el Espacio más comunes se referían a su carácter de *contenedor* de objetos y/o lugares, a su carácter *físico* propiciado por la experiencia sensible, a su carácter *externo* a las personas, a su carácter *continuo* y por supuesto a su carácter *métrico*, en tanto puede ser medido o cuantificado. En cuanto al Tiempo se observó cómo los modos de hablar daban cuenta de un tiempo *sucesivo* que marcaba un orden de hechos, un tiempo *cíclico* ligado sobre todo a eventos astronómicos y un tiempo *métrico* que también puede ser medido con instrumentos. Sin embargo, se aprecia que existe más dificultad a la hora de trabajar los modos de hablar sobre el Tiempo en relación con el Espacio, pues las discusiones muestran una mayor recurrencia a representar aspectos del Espacio con respecto a los objetos y las personas, que del Tiempo.

Lo anterior no solo es evidencia de la gran diversidad conceptual y epistémica de los conceptos de Espacio y Tiempo, sino que también reafirma el supuesto de que al momento de abordar estos conceptos, es conveniente hacerlo desde la orientación y la ubicación, pues estos aspectos se encuentran a la base de las ideas de Espacio y Tiempo.

Reconocer la diversidad conceptual y epistémica de los conceptos de Espacio y Tiempo desde los referentes teóricos así como desde las construcciones de los educandos, permite reflexionar y

## 6. Conclusiones

enriquecer la práctica docente y los procesos de enseñanza aprendizaje al interior de las clases de Ciencias Naturales. Esto permite además planear actividades mejor estructuradas que favorezcan su comprensión a través de nuevas experiencias, de la interacción lingüística con pares y docentes, y de la reflexión permanente sobre sus distintas representaciones, teniendo en cuenta para ello los modos de pensar de cada uno de los individuos.

El diseño no lineal de las actividades desarrolladas a lo largo de cada uno de los momentos de la propuesta de aula, favoreció no solo la construcción de conocimiento escolar en relación al problema de la orientación y la ubicación, sino que también contribuyó al enriquecimiento de la experiencia y de los modos de hablar de los estudiantes, a la creación de criterios de valoración y a la potenciación de ciertas actitudes que les permitían a los educandos tomar decisiones para la solución de los problemas propuestos.

La interacción entre estudiantes de distintos cursos así como la interacción con profesores de diferentes áreas del conocimiento inmersos en un ambiente de búsqueda, fueron pieza clave en la construcción de nuevos significados sobre el Espacio y el Tiempo, ya que al tomar las actividades como una totalidad, fue posible correlacionar diferentes perspectivas sin sesgar la mirada sobre el mismo problema de estudio.

La propuesta de aula puede ser tomada como base para realizar estudios semejantes con otras poblaciones, en donde se profundice un poco más sobre la diversidad de los conceptos de Espacio y Tiempo, siempre y cuando se reestructure teniendo en cuenta las particularidades, necesidades, intereses y características específicas del contexto poblacional, puesto que los modos de hablar y las experiencias de los educandos pueden cambiar, según sus relaciones con el entorno y con las personas que los rodean.

De esta manera, la presente investigación aspira aportar una perspectiva distinta sobre el estudio de los conceptos de Espacio y Tiempo, la cual permita comprender mejor la diversidad de significados que subyacen en las diferentes fuentes teóricas, en las elaboraciones de los estudiantes y en sus modos de hablar.

<b>Elaborado por:</b>	Edgar David Guarín Castro
<b>Revisado por:</b>	Rosa Inés Pedreros Martínez

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	14	10	2013
--	----	----	------

# Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE .....	VII
INTRODUCCIÓN .....	XV
CAPÍTULO I Los conceptos de Espacio y Tiempo en investigaciones pedagógicas .....	1
1.1 El punto de vista acerca de los conceptos de Espacio y Tiempo desde el desarrollo cognitivo.....	2
1.2 El punto de vista acerca de los conceptos de Espacio y Tiempo en experiencias pedagógicas .....	5
CAPÍTULO II Ideas del Espacio y del Tiempo a lo largo de la Historia .....	13
2.1 Espacio y Tiempo en la Astronomía Mesoamericana .....	14
2.2 El punto de vista filosófico acerca de los conceptos de Espacio y Tiempo .....	16
2.2.1 El Espacio y el Tiempo en la perspectiva de la filosofía griega .....	17
2.2.2 La Eternidad y Voluntad de Dios como principios del Espacio y el Tiempo.....	25
2.2.3 Discusiones modernas sobre los conceptos de Espacio y Tiempo: Entre la experiencia y la razón .....	29
2.3 Los Conceptos de Espacio y Tiempo en el ámbito de la Física.....	37
2.3.1 La Física Clásica y las ideas de Espacio y Tiempo.....	38
2.3.2 Espacio-tiempo: un concepto relativista .....	42
CAPÍTULO III Modos de Hablar y de Pensar en el ámbito de la Enseñanza de las Ciencias ....	49
3.1 Los Conceptos en la Enseñanza de las Ciencias .....	50
3.2 Los modos de hablar como reflejo de la cultura y del pensamiento .....	54
3.3 Los modos de pensar como elementos potenciadores en la construcción de conocimiento.....	56
CAPÍTULO IV Referentes Metodológicos.....	59
4.1 Contexto y población objeto de estudio.....	60
4.2 Incursión preliminar en el aula.....	61
4.3 Técnicas y Herramientas de recolección de la información.....	71
4.4 Categorías de Análisis .....	71

4.5 Metodología en el Aula .....	73
4.5.1 Formas de trabajo en el aula .....	75
CAPÍTULO V Orientación y Ubicación con estudiantes del Gimnasio San Angelo .....	77
5.1 Propuesta de Aula .....	78
5.2 Momentos de la Propuesta .....	80
5.2.1 Momento 1: Orientándonos por medio de nuestro cuerpo .....	80
5.2.2 Momento 2: La orientación y la ubicación en la historia de la Astronomía .....	82
5.2.3 Momento 3: Orientándonos y ubicándonos en el cielo nocturno .....	84
CAPÍTULO VI La Vivencia en el Aula: Experiencia en torno a la Orientación y Ubicación .....	87
6.1 Momento 1: Orientándonos por medio de nuestro cuerpo .....	88
6.1.1 Actividad 1: Orientándonos a través de los sentidos.....	88
6.1.2 Actividad 2: Orientación y ubicación en el colegio.....	91
6.1.3 Actividad 3: Caminando a ciegas por el colegio.....	95
6.2 Momento 2: La orientación y la ubicación en la historia de la Astronomía .....	99
6.2.1 Actividad 1: Los modos de orientarse y de ubicar objetos en la antigüedad .....	99
6.2.2 Actividad 2: Astronomía antigua. Ubicando estrellas en el cielo nocturno .....	102
6.2.3 Actividad 3: Observando el cielo nocturno desde el jardín de la casa .....	106
6.3 Momento 3: Orientándonos y ubicándonos en el cielo nocturno .....	109
6.3.1 Actividad 1: Entonces ¿cómo podemos ubicar una estrella en el cielo nocturno?	110
6.3.2 Actividad 2: Orientación y ubicación mediante la carta celeste .....	118
6.3.3 Actividad 3: Orientación y ubicación con constelaciones y coordenadas.....	120
CAPÍTULO VII Reflexiones sobre el trabajo investigativo.....	129
7.1 Experiencia, Lenguaje y Conocimiento en torno al Espacio y al Tiempo.....	130
7.2 Modos de Hablar sobre el Espacio y el Tiempo .....	136
7.3 Sobre la diversidad conceptual y epistémica del Espacio y el Tiempo .....	144
CONCLUSIONES .....	147
REFERENCIAS .....	151

# Índice de Tablas

Tabla 1. Modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo desde algunos pensadores griegos. .	24
Tabla 2. Ideas sobre el Espacio y el Tiempo según San Agustín y Santo Tomás. ....	29
Tabla 3. Modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo desde la Filosofía Moderna. ....	36
Tabla 4. Ideas representativas sobre el Espacio y el Tiempo en Física Clásica y Moderna. ....	48
Tabla 5. Testimonios de los estudiantes del Instituto Técnico Comercial Pitágoras. ....	64
Tabla 6. Testimonios de los estudiantes del IED Francisco de Paula Santander .....	67
Tabla 7. Primer nivel de análisis: experiencia, lenguaje y conocimiento.....	72
Tabla 8. Segundo nivel de análisis referido a los modos de hablar de los educandos. ....	73
Tabla 9. Formas de trabajo en el aula para el desarrollo de la propuesta. ....	75
Tabla 10. Actividades correspondientes al primer momento de la propuesta. ....	81
Tabla 11. Actividades correspondientes al segundo momento de la propuesta. ....	83
Tabla 12. Actividades correspondientes al tercer momento de la propuesta.....	84
Tabla 13. Comentarios a los ejercicios de la primera actividad del momento 1. ....	89
Tabla 14. Testimonios recolectados a partir de las guías de trabajo de los estudiantes. ....	92
Tabla 15. Testimonios recolectados de la actividad 3, en la pista de obstáculos.....	96
Tabla 16. Comentarios a las instrucciones escritas elaboradas por los estudiantes luego de atravesar la pista de obstáculos sin vendarse los ojos. ....	98
Tabla 17. Testimonios recolectados a partir del video “La Astronomía del pasado”. ....	101
Tabla 18. Respuestas de los estudiantes en la actividad 2 del momento 2. ....	103
Tabla 19. Testimonios gráficos elaborados por los educandos en relación con la ubicación de una estrella sin instrumentos de medida.....	107
Tabla 20. Testimonios de los estudiantes sobre la ubicación de estrellas en la antigüedad. ....	110
Tabla 21. Testimonios de los estudiantes para la actividad práctica con el cuadrante.....	113
Tabla 22. Principales testimonios de los educandos en relación con la carta celeste. ....	119
Tabla 23. Testimonios de los estudiantes en relación con la ubicación de estrellas usando la carta celeste. ....	123
Tabla 24. Análisis de la experiencia de los estudiantes durante las actividades. ....	130
Tabla 25. El lenguaje de los estudiantes como reflejo de sus ideas. ....	132
Tabla 26. Modos de hablar de los estudiantes sobre el Espacio. ....	138
Tabla 27. Modos de hablar de los educandos sobre el Tiempo.....	143

# Índice de Figuras

Figura 1. El Tiempo cíclico representado por medio de una circunferencia. ....	7
Figura 2. a. El Tiempo fluye como el río horizonta, b. el Tiempo fluye como un río vertical. ...	8
Figura 3. Rueda calendárica maya.....	16
Figura 4. "Chronos" escultura de Franz Günter, representación alegórica del tiempo.....	18
Figura 5. Para Aristóteles el Tiempo y el Espacio son finitos, continuos y se encuentran relacionados por los movimientos de los cuerpos.....	24
Figura 6. "La creación del mundo" de Miguel Angel, representa el momento en el que Dios surge del caos y crea el mundo. ....	28
Figura 7. Para Locke la idea de Espacio se obtiene mediante la percepción.....	32
Figura 8. El Grabado Flammarion representa un hombre tratando de observar por fuera del Espacio y del Tiempo.....	35
Figura 9. Cono de luz en donde se representa el movimiento de la Tierra .....	45
Figura 10. A escalas cósmicas el espacio-tiempo se aprecia como un campo con geometría curva, aunque localmente se puede considerar plano.....	46
Figura 11. Aspectos relevantes que definen la diversidad conceptual y epistémica .....	52
Figura 12. Los modos de hablar condicionan los modos de pensar, pero a su vez los modos de pensar influyen los modos de hablar .....	55
Figura 13. Proceder de la actividad en el aula. ....	75
Figura 14. Organización de los momentos de la propuesta de aula.....	80
Figura 15. a. Cuadrante casero elaborado por los educandos, b. Inicio del trabajo práctico y las discusiones con los estudiantes sobre los métodos de ubicación de estrellas .....	112
Figura 16. a. Actividad de observación con el cuadrante casero, b. Discusión entre los educandos sobre las ventajas y desventajas del cuadrante. ....	117
Figura 17. Segmentos de la bitácora de observación .....	120
Figura 18. Registro de un estudiante de 7° durante el mes de abril. ....	121
Figura 19. a. Trabajo práctico con los estudiantes durante la elaboración de las cartas celestes, b. Carta celeste ensamblada por los estudiantes. ....	126
Figura 20. Carta celeste para el cielo de Bogotá.....	126

# INTRODUCCIÓN

En búsqueda de la comprensión de lo que acontece en el entorno, el ser humano utiliza sus capacidades intelectuales para describir y representar los eventos físicos que suelen ocurrir allí. En las elaboraciones o explicaciones que realizan las personas sobre dichos eventos, se tienen en cuenta sus ideas, creencias, experiencias y modos de hablar, a partir de los cuales se visibilizan sus formas de ver, entender e interrelacionarse con el mundo (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990). Por tal razón es necesario emplear la imaginación de modo que se logre llegar a explicaciones coherentes de lo evidenciable, confeccionando ideas, significados o conceptos válidos para una cierta comunidad.

Este es el caso de los conceptos de *Espacio y Tiempo*, pues su construcción tanto individual como colectiva, se encuentra a la base del entendimiento y organización del mundo (Avila-Reese, 2008; Morones, 2004), en tanto permiten denominar, ordenar, categorizar, reflexionar y comunicar una gran cantidad de fenómenos naturales (Valencia & Olivera, 2005). No obstante, se suscitan ciertas inquietudes en torno a los imaginarios que los estudiantes tienen de los conceptos de Espacio y Tiempo, debido al surgimiento de algunas dificultades evidenciadas durante la experiencia como docente de bachillerato, entre las cuales se destacan las siguientes: los estudiantes son altamente dependientes de las nuevas tecnologías y manifiestan dificultades a la hora de ubicarse espacial y temporalmente sin ayuda de esta; se han olvidado los métodos de orientación, de ubicación y los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo elaborados desde diferentes campos del saber y por antiguas civilizaciones, lo cual se constituye en un conocimiento valioso que se debe rescatar, reconociéndolo y diferenciándolo de los supuestos epistemológicos y las fuentes de conocimiento de las comunidades escolar y científica, y los conceptos de Espacio y Tiempo se muestran como conceptos inmutables, lo cual no da lugar a nuevas ideas por lo que se dejan de lado los modos de hablar de los estudiantes que se pueden apreciar en las elaboraciones que realizan.

Esto no contribuye a la motivación de los educandos por el estudio de las Ciencias y genera problemas relacionados con la comprensión de dichos conceptos, ya que desde esta perspectiva no es posible otorgarles nuevos significados, a fin de promover en el

estudiante la ampliación de su experiencia, su lenguaje y su conocimiento (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990).

Estas problemáticas plantean la necesidad de generar propuestas investigativas dentro del aula en torno a la Enseñanza de las Ciencias, por medio de las cuales se reflexione y se propongan maneras distintas de abordar conceptos como los de Espacio y Tiempo, así como sus diversos significados, de modo que se correspondan con el contexto de uso dado por los estudiantes. Lo anterior condujo a reflexionar sobre las ideas, modos de hablar y significaciones que tienen los estudiantes sobre el Espacio y el Tiempo, así como las formas de ubicarse espacial y temporalmente en diferentes situaciones, a partir de la pregunta: *¿Cuál es la diversidad conceptual y epistémica que subyace a los conceptos de Espacio y Tiempo en la Ciencia y en el aula?*

El objetivo general del trabajo es *Distinguir la diversidad conceptual y epistémica que subyace a los conceptos de Espacio y Tiempo, en la Ciencia y en los modos de hablar de los estudiantes del Gimnasio San Angelo*, y como objetivos específicos se tienen: indagar sobre los aspectos conceptuales y epistémicos desde los cuales se significan los conceptos de Espacio y Tiempo, en distintos campos del saber articulados con el conocimiento científico, e identificar y categorizar los modos de hablar que emergen en las elaboraciones de los estudiantes del Club de Astronomía del Gimnasio San Angelo sobre los conceptos de Espacio y Tiempo, con respecto a la diversidad conceptual y epistémica encontrada.

De este modo, el presente proyecto busca construir escenarios en donde por un lado se resignifique la Enseñanza de las Ciencias, y por el otro converjan y se interrelacionen diferentes ámbitos del saber, como la Filosofía y las Ciencias Naturales (Matemáticas, Física, Astronomía) de modo que se logren recontextualizar los saberes entorno a los problemas relacionados con las concepciones del Espacio y del Tiempo y las maneras de ubicarse espacio-temporalmente. Por lo anterior en la presente investigación se asume la Ciencia como una construcción humana (Elkana, 1983; Pozo & Gómez Crespo, 1998) que surge de las capacidades intelectuales y de los aportes que todas y cada una de las personas realizan directa o indirectamente a su construcción.

La experiencia investigativa se encuentra organizada en los seis capítulos que componen el presente documento. En el primer capítulo se abordan algunos antecedentes nacionales e internacionales que muestran ciertos modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo encontrados a través de algunas investigaciones de corte cognitivo, pedagógico, lingüístico y epistemológico. En el segundo capítulo se realiza un estudio sobre los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo propuestos por algunos pensadores en ámbitos del saber como la Filosofía y la Física, partiendo desde el planteamiento de ideas antiguas y clásicas hasta llegar al surgimiento de algunas ideas modernas sobre tales conceptos, mostrando con ello la diversidad de sus significados. En el tercer capítulo se exponen los *modos de hablar, modos de pensar y diversidad conceptual y epistémica*, en relación con los conceptos de Espacio y Tiempo.

En el capítulo cuarto se presentan los referentes metodológicos que guiaron la investigación y la propuesta de aula adelantada con los estudiantes. En el capítulo quinto se lleva a cabo una descripción de la estructura de la propuesta de aula, mostrando las intenciones de los tres momentos con sus respectivas actividades. En el capítulo sexto se presentan las reflexiones sobre el trabajo de la vivencia a partir de las categorías de *experiencia, lenguaje y conocimiento, y modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo*. Para finalizar, se establecen las conclusiones y la bibliografía de soporte del trabajo.



# CAPÍTULO I

## Los conceptos de Espacio y Tiempo en investigaciones pedagógicas

---

*“Intentad hablar del Tiempo sin usar palabras tomadas de referencias espaciales: os quedareis con la boca cerrada”*

*Arcá, Guidoni & Mazzoli (1990)*

La construcción de herramientas de pensamiento que potencien el entendimiento, la comprensión y la resignificación tanto del entorno como de los objetos que hacen parte de él, resulta ser inherentemente necesaria al hombre, pues son ellas las que brindan la oportunidad de elaborar estrategias con las cuales el conocimiento que se desprende del estudio de la naturaleza, pueda ser aplicado a situaciones cotidianas e inclusive enseñado, sobre todo a las nuevas generaciones, puesto que los distintos modos de pensar, de hablar y de actuar permiten solucionar problemas, crear criterios de valoración ante diversas situaciones y adquirir conductas sin las cuales, difícilmente, las personas encajarían dentro de los colectivos sociales y los contextos culturales.

En dicho proceso de construcción y resignificación del conocimiento, se hace necesario formular una serie de conceptos, entre los que se encuentran los de Espacio y Tiempo, conceptos que suscitan un interés especial desde diferentes ámbitos académicos y que a la vez han guiado diversas indagaciones particularmente sobre los procesos de construcción de los mismos en ambientes educativos, donde la experiencia juega un papel fundamental para su abstracción. Entre las investigaciones existentes que indagan sobre los tipos de construcciones empleados por los estudiantes para referirse a los conceptos de Espacio y Tiempo, es posible encontrar diversos trabajos de corte cognitivo, pedagógico, lingüístico y epistemológico. Por tal motivo, en este primer apartado se mostrarán algunas de estas investigaciones, indicando ciertos modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo representativos principalmente en la cultura occidental, sentando así las bases que orientaron el desarrollo del presente trabajo.

## 1.1 El punto de vista acerca de los conceptos de Espacio y Tiempo desde el desarrollo cognitivo

Diferentes investigaciones de corte cognitivo alrededor de todo el mundo, indican que tanto niños como jóvenes manifiestan en sus representaciones sobre el Espacio y el Tiempo una estrecha relación entre estos conceptos, los cuales son altamente influyentes en su desarrollo psicológico, puesto que se encuentran presentes en sucesos cotidianos referentes a la ubicación de objetos o personas, a la duración de acontecimientos, al movimiento de los cuerpos, etc., ya que a partir de tales conceptos es posible organizar los eventos y las experiencias. Por esta razón, tanto Espacio como Tiempo se estructuran principalmente en la mente de los niños a partir de las percepciones y la interacción directa con su entorno.

Así por ejemplo, las investigaciones de Piaget (1971; 1971; 1987) muestran una indiferenciación entre las relaciones espaciales y temporales, en tanto para los niños, el *orden temporal* se encuentra estrechamente relacionado con el *orden espacial*, a tal punto que se genera una confusión entre las medidas temporales y las espaciales, pues al referirse a sucesos vinculados con un mismo movimiento o cambio, la idea de *duración* se entremezcla con la idea de las *longitudes* de los trayectos o del cambio de tamaño de los seres vivos. Por esto las duraciones pueden ser *contraíbles* y *dilatables*, es decir, la idea de Tiempo formada por los niños se corresponde con la idea de un *tiempo heterogéneo* que depende de las distancias recorridas, del crecimiento de seres vivos y de las velocidades de los cuerpos (Piaget, 1978).

En este sentido, es posible hablar de dos tiempos: uno *psicológico* definido como la Duración Interna o el Tiempo de la Acción Propia dependiente estrictamente de la referencia que se haga a los objetos sobre los que se actúa y que representa un *cambio* hacia ciertos estados, y otro *físico* que es un tiempo subjetivo proyectado o reflejado en la interacción con los objetos del medio (Piaget, 1978). De este modo, las relaciones entre Espacio y Tiempo son inicialmente cualitativas, ya que para su organización es necesaria una serie de operaciones (adición, partición, inserción, desplazamiento, etc.) que le permitan al individuo crear luego una metrización espacio-temporal. Estas operaciones

en últimas, constituyen operaciones físicas referentes a objetos diferenciados los cuales sirven como puntos de aplicación a las acciones. Piaget (1971) muestra además que la percepción del Espacio en el niño se da de una manera más *natural*, en tanto es posible construirlo desde su relación directa con los objetos, a diferencia del Tiempo que es más *abstracto* por lo que requiere de una mayor interiorización de las experiencias puesto que no se puede interactuar con él directamente (Rael, 2009). La evidencia de ello es posible recolectarla a partir de las representaciones elaboradas por los niños a través de sus diálogos, dibujos o esquemas gráficos, en relación con situaciones referentes a esfuerzos, movimientos, velocidades, crecimiento biológico (Piaget, 1987), entre otras, lo cual se ha constituido en una importante línea investigativa por parte de pedagogos y psicólogos a lo largo de los últimos años (Rael, 2009).

Otras investigaciones como las de Casasanto, Fotakopoulou & Boroditsky (2010) han encontrado a partir de trabajos investigativos en el campo de la psicología con niños de escuela elemental, la existencia de una *asimetría* en las representaciones que ellos realizan sobre el Espacio y el Tiempo, manifestada en un *lenguaje metafórico*, ya que se observan en las representaciones hechas por los niños ideas sobre sucesos físicos temporales en términos de un lenguaje espacial, aunque no ocurre de igual forma cuando hacen referencia a acontecimientos espaciales en términos de lo temporal. Lo anterior les permite a los investigadores demostrar que las representaciones en los niños revisten una *continuidad* entre Espacio y Tiempo, partiendo siempre de las percepciones en las experiencias físicas (Casasanto, Fotakopoulou, & Boroditsky, 2010). Sin embargo, en los trabajos que presentan estos autores no se muestran tales representaciones, pues sólo se dedican a mostrar los resultados estadísticos obtenidos luego de la aplicación de tests psicológicos, diseñados para indagar sobre las respuestas que dan los niños en problemas concernientes al Espacio y al Tiempo.

En el ámbito nacional y local también han surgido propuestas que buscan indagar sobre las ideas de distintos grupos de estudiantes alrededor de los conceptos de Espacio y Tiempo. Así por ejemplo, la investigación realizada por Fuentes & Sánchez (2009), con educandos de grado sexto de dos colegios distritales de la ciudad de Bogotá, presenta una caracterización de las nociones de Tiempo que poseen dichos estudiantes, teniendo como

fundamento en su investigación la teoría piagetiana. Siguiendo una metodología de tipo descriptivo, las autoras recolectaron algunos datos estadísticos, que muestran diferencias significativas entre las respuestas de los educandos y los hallazgos de Piaget, pues no poseen en un alto porcentaje, las operaciones de orden temporal que propone la teoría (Fuentes & Sánchez, 2009). Esto muestra la dificultad que supone el hecho de tratar de aplicar teorías externas a contextos distintos a los de la investigación, principalmente por la gran diversidad cultural presente en las aulas.

No obstante, en trabajos anteriores se aprecia que otros autores, partiendo de los mismos supuestos de la teoría piagetiana, logran encontrar que un cierto grupo de estudiantes manifiestan procesos cognitivos espaciales y temporales, de la manera como se afirma en dicha teoría. En el trabajo de Rodríguez & Niño (1991), se ilustra la existencia de un paralelismo entre las nociones de Espacio y Tiempo en niños de 6 y 7 años, con la concepción aristotélica de dichos conceptos. En esta investigación se hizo uso de tests mixtos y de los testimonios de los estudiantes para estudiar las ideas intuitivas y las nociones que ellos tenían sobre Espacio y Tiempo, desarrollando el primero desde los conceptos de *distancia*, *longitud* y *superficie*, mientras que en el segundo se usaron los conceptos de *sucesión*, *duración* y *simultaneidad*. Al final, los resultados de los procesos cognitivos de los estudiantes eran muy semejantes a los manifestados por los trabajos de Piaget, evidenciándose adicionalmente una primacía del lenguaje común en las explicaciones, de manera muy semejante a la concepción aristotélica, ya que se utilizan objetos de la vida cotidiana (montañas, árboles, casas, etc.) para expresar ideas sobre el Espacio y el Tiempo (Rodríguez & Niño, 1991).

Otras investigaciones, propenden hacia la construcción de los conceptos de espacio *geométrico* (Guevara & Tovar, 1995) y espacio *físico* (Blanco, 1995) en niños menores de 11 años. En ellas se indaga sobre las representaciones hechas por los estudiantes a cerca de la noción de Espacio, aplicando métodos de investigación etnográfica, mientras que en el proceso de construcción de los conceptos, se alude a ideas de *vecindad*, *distancia*, *inclusión*, *independencia* y *ubicación*, proponiendo una serie de actividades experienciales, ya que el concepto de Espacio, como ya lo había manifestado Piaget, resulta muy difícil de abstraer, por lo que la experiencia es necesaria para su construcción

(Blanco, 1995; Guevara & Tovar, 1995). De este modo se aprecia un trabajo arduo en torno al desarrollo de las concepciones de Espacio, pero sólo se trata la problemática desde el espacio *bidimensional*, mas no tridimensional por lo que los autores recomiendan trabajar con mayor profundidad en este aspecto (Guevara & Tovar, 1995), diagnosticando las ideas previas de los educandos, entrenándolos en el manejo de los símbolos y regresando una y otra vez a la noción de ubicación.

Estos trabajos aportan elementos importantes al campo de estudio de los conceptos de Espacio y Tiempo con niños y jóvenes desde lo cognitivo, sin embargo dejan de lado la influencia que tienen otro tipo de factores en la construcción de tales conceptos como las discusiones y el diálogo con pares y con docentes, así como aspectos socio-culturales que entran en juego en las dinámicas de aula. Por tal motivo fue necesario indagar sobre otro tipo de investigaciones pedagógicas que permitieran apreciar mejor cómo se da la construcción de dichos conceptos a partir de otras perspectivas.

## **1.2 El punto de vista acerca de los conceptos de Espacio y Tiempo en experiencias pedagógicas**

La relación manifiesta entre los conceptos de Espacio y Tiempo junto con su diversidad conceptual y epistémica, son claves importantes para apreciar y entender sus distintas acepciones, desprendidas de los diferentes ámbitos en los que se usan y dependientes de imaginarios culturales que pueden estar presentes en las elaboraciones realizadas por los estudiantes. En este aspecto se considera que pueden surgir modos de hablar interesantes por parte de los educandos, en cuanto a las ideas que tienen sobre el Espacio y el Tiempo, así como las formas de usarlas para construir conocimiento y desarrollar un sentido de ubicación espacio-temporal. Tales modos de hablar pueden ser contrastados con el conocimiento construido al respecto desde ciertos ámbitos del saber, mostrando con ello la estrecha correspondencia entre Espacio y Tiempo.

Algunas investigaciones como la adelantada por Arcà, Guidoni & Mazzoli (1990), han mostrado que el conocimiento, el lenguaje y la experiencia de una persona dependen de la realidad percibida, la cual se encuentra contenida en un Espacio y un Tiempo *continuos*

para los individuos. Dicha concepción se ve reflejada en las maneras de hablar de la gente, pues el *lenguaje metafórico*<sup>1</sup> usado para dar cuenta de lo espacial, es muy similar al lenguaje usado para dar cuenta de lo temporal, lo cual se evidencia en frases como “*dentro de poco*”, “*un poco antes*”, “*un poco después*”, etc. (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990). Es por esto que los investigadores afirman que tanto las maneras de experimentar como de hablar sobre los conceptos Espacio y Tiempo, son metafóricas, aspecto que debe ser tenido en cuenta por los docentes quienes deben percatarse de ello para afrontar las dificultades que surgen durante su construcción (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990).

La correspondencia metafórica entre Espacio y Tiempo, también ha sido abordada por investigadores como Radden (2004) y Tenbrink (2006) para quienes el *entendimiento* del Tiempo es esencialmente metafórico con respecto al Espacio. Sin embargo, existen diferencias relevantes entre tales conceptos que permiten construir representaciones *independientes* para cada uno de ellos, por lo que el concepto Tiempo no se puede considerar dependiente del concepto Espacio y viceversa (Tenbrink, 2006). Las principales disimilitudes son de orden topológico y sensorial pues mientras que el Espacio posee un carácter *tridimensional* y *concreto* (ligado a objetos perceptibles), el Tiempo es *unidimensional* y *abstracto* (afín con eventos o sucesos), esto conlleva a que personas hablen por separado de cada uno de ellos. No obstante, las formas de usar la metáfora Tiempo como Espacio y Espacio como Tiempo, muestran la interrelación que se encuentra a la base de tales conceptos, estrechamente ligados con la cultura y el lenguaje, factores que condicionan la percepción y la experiencia del ser humano, propiciando con ello su relativización en cuanto a la comprensión de sus significados, en otras palabras, el entendimiento sobre el Espacio y el Tiempo no se puede considerar universal, ya que cada cultura ha construido una percepción distinta sobre los mismos.

Por ejemplo, haciendo uso de las líneas de Tiempo como modos de hablar es posible observar que en los idiomas de muchas culturas indígenas, principalmente latinoamericanas, el futuro es colocado en frente y detrás del pasado; esta aparente

---

<sup>1</sup> El lenguaje metafórico surge cuando se transpone el significado de un concepto a otro que se desea comprender, estableciendo una comparación entre tales dominios que facilite la descripción de uno de ellos, sin entrar en el problema de su explicación. Esto no implica que la metáfora de cuenta del concepto en su totalidad.

paradoja depende de la división que el observador hace de la secuencia de las unidades de Tiempo (Radden, 2004), pues en estas culturas no se aprecia una concepción de Tiempo que fluye unidireccionalmente sino que se repite de manera cíclica (Radden, 2004), por lo que la línea del Tiempo es circular. Por tal motivo el futuro puede estar en frente pero al mismo tiempo detrás del pasado, lo cual implica que es posible predecir acontecimientos futuros ya que estos siempre se repiten (Figura 1).

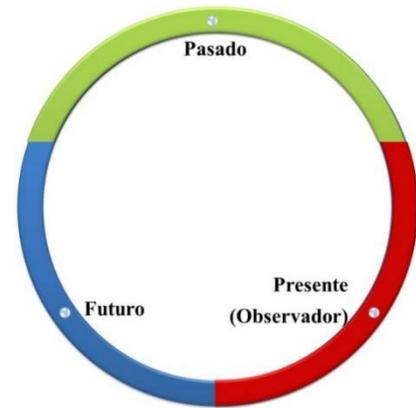


Figura 1. El Tiempo cíclico es representado por medio de una circunferencia en donde el futuro se encuentra delante y detrás del pasado (Imagen elaborada por el autor).

El Tiempo visto como una circunferencia también influencia, aunque en menor medida, los modos de hablar usados en la cultura occidental, puesto que se encuentra relacionado con la percepción de ciertos fenómenos naturales periódicos como el ciclo del día y la noche, las estaciones climáticas, las fases lunares, entre otros, así como por ciclos biológicos (el ciclo del sueño, el ciclo menstrual, etc.) y por las actividades diarias y rutinarias que llevan a cabo las personas (estudiar, trabajar, mercar, etc.). Por tal motivo es posible encontrar dichos como:

- “La historia se *repite* una vez más”
- “Es un *nuevo inicio* de semana”
- “Es *tiempo* de comenzar *otra vez*”

Lo anterior entra en contraste con una de las formas de pensar el Tiempo más arraigadas en la cultura occidental y china (Radden, 2004), manifestada en muchas ocasiones por el uso recurrente de la analogía entre un río y el Tiempo. En dicha imagen, el Tiempo es representado por el flujo constante de agua en el río, cuyo origen se da gracias a las gotas de agua precipitadas sobre la montaña, las cuales al moverse fluyen hacia abajo formando el río (Avila-Reese, 2008).

En este sentido, el Tiempo puede ser pensado como una línea vertical u horizontal, en donde el pasado se encuentra arriba o atrás mientras que el futuro se encuentra abajo o al frente respectivamente, asumiendo el punto de vista de un observador que se “mueve” con

el flujo temporal (Radden, 2004; Tenbrink, 2006) y cuya posición en la línea marca el presente (Figura 2).

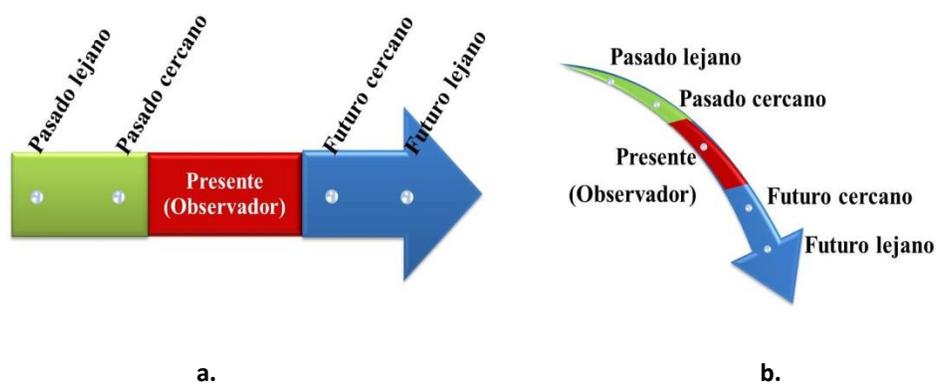


Figura 2. a. El Tiempo fluye como el río horizontalmente, avanzando de atrás (izquierda) hacia adelante (derecha) b. Otra forma de pensar el Tiempo como un río que fluye de arriba (parte alta de la montaña) hacia abajo (parte baja de la montaña), estando el pasado en la parte más alta (Imagen elaborada por el autor).

No obstante, si el Tiempo es pensado de esta manera, entonces no es posible saber qué ocurrirá en el futuro, a diferencia de la concepción de un Tiempo cíclico. Nótese que esta analogía da paso a una metáfora espacial, ya que es posible hablar de pasado y de futuro lejanos, cuando se hace referencia a hechos que ocurrieron hace mucho tiempo o que posiblemente sucederán mucho tiempo después con relación al presente; pero también se habla de pasado y de futuro cercanos, cuando el Tiempo entre el presente y un hecho pasado o futuro ha sido corto.

A pesar de esta división del Tiempo, las representaciones abordadas anteriormente muestran la idea de un Tiempo *continuo y pasajero*, en tanto su flujo o aparente movimiento, así como el del río, no se ve obligado a detenerse o a devolverse, siempre fluye en la misma dirección (desde el pasado hacia el futuro) de manera continua, sin presentar *vacíos temporales*, es decir, lugares en la línea temporal donde no fluye el Tiempo. Por eso es posible encontrar expresiones metafóricas de carácter espacio-temporal, en donde se recurre a la idea de movimiento, como por ejemplo:

- “El tiempo se pasó volando”
- “Transcurrió un tiempo corto (o largo)”
- “El fin de semana *está por llegar*”
- “Comienza a *correr* el tiempo”

Pero es aquí donde tiene lugar otro aspecto importante de estos modos de hablar. Al considerar el Tiempo como una entidad que fluye, no solo surge la idea de un observador en “movimiento” con el Tiempo como ya se dijo, sino que también puede aparecer el imaginario de un Tiempo en “movimiento” y un observador “en reposo” con respecto a dicho flujo (Radden, 2004; Tenbrink, 2006). Esta concepción es producto de un pensamiento egocéntrico en donde el observador se encuentra en un *mundo estacionario* en el centro del universo, mientras que el Tiempo y los sucesos del mundo físico transcurren frente a él.

La idea de un mundo estacionario, permite deducir además que el Espacio es concebido por lo general como un *lugar* que permanece en reposo, en el que las cosas se encuentran contenidas y que a la vez es *continuo*, por ende permite a las personas establecer límites y fronteras. Así por ejemplo, un terreno baldío representa un espacio limitado y continuo puesto que puede ser dividido de distintas formas para construir en él un edificio, un conjunto de casas, un centro comercial, etc., siempre y cuando la construcción se encuentre dentro de los límites del terreno. Si este Espacio no se considerara continuo, la edificación de tales propiedades se vería reducida notablemente y no existiría libertad para diseñarlas. Desde esta perspectiva surgen algunas frases en donde se percibe el Espacio como un bien propio de las personas, delimitado y que cumple una funcionalidad, como por ejemplo:

- “Cada quien debe *tener su propio* espacio”
- “Ese espacio es suficiente para *guardar* las cosas”
- “Aquí hay espacio para *hacer* muchas cosas”

Esta concepción del Espacio ayuda además a las personas a establecer parámetros de orientación como arriba, abajo, delante, detrás, más cerca, más lejos (Puig, 2009), los cuales a su vez influyen en los modos de hablar sobre el Tiempo como se observó anteriormente. Pero del mismo modo se aprecia que en ocasiones, el Espacio e inclusive el Tiempo, también son considerados como entidades que no sólo pertenecen a las personas, sino que además se pueden dar, recibir, ganar o perder, como se manifiesta a través de las siguientes frases:

- “El espacio del que dispongo es muy *reducido*”
- “*Dame* tiempo y/o espacio para hacer mis cosas”
- “He *cedido* bastante espacio”
- “Hemos logrado *ganar* tiempo”
- “Se está *acabando* el tiempo”

El Tiempo y el Espacio se constituyen entonces en recursos muy valiosos para la sociedad moderna, debido (en parte) al ritmo acelerado de las formas de vida de las personas y a la constante reducción del espacio físico en las ciudades, por ende, “tener” Tiempo o Espacio resulta ser un privilegio que se tiende a aprovechar. En este sentido, la percepción y los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo resultan tener un carácter subjetivo (Wagner, 1975), en tanto reflejan la idea de un Espacio y un Tiempo propios para cada persona, los cuales vendrán a depender de la percepción y la relación que se tenga con el entorno inmediato, así como con los individuos que hacen parte de él (Wagner, 1975). Luego, es posible hablar de un “*espacio personal*” correspondiente al espacio físico que ocupa una persona y dentro del cual mantiene su privacidad, sintiéndose segura y única (Wagner, 1975), aunque dicho Espacio varíe de tamaño según la situación en la que se encuentre la persona, pues éste se reduce si alrededor hay más individuos como en una aglomeración de gente o se amplía cuando la persona se encuentra sola en lugar amplio como en el hogar. Pero así como se reconoce un espacio personal, también se puede pensar en un “*tiempo personal*” (Wagner, 1975), ligado con las divisiones temporales (pasado, presente y futuro) a las que se hacía referencia anteriormente y en las cuales la persona se ubica en el instante efímero del presente (Wagner, 1975).

Es así como las personas implícitamente establecen marcos y sistemas de referencia (Tenbrink, 2006) tanto espaciales como temporales que les permiten orientarse no solo en un lugar sino también en una época. Por tal razón, la *orientación espacial* estará determinada por la posición o ubicación de ciertos objetos perceptibles dentro del mismo Espacio, mientras que la *orientación temporal* puede ser establecida a partir de eventos o sucesos específicos del pasado o que se dan en el presente. En este orden de ideas, aparece en escena otro elemento que condiciona los modos de hablar y de pensar el Espacio y el

Tiempo, a saber, el carácter métrico y geométrico de los mismos. Tanto el Tiempo como el Espacio son conceptos cuantificables para los cuales se han desarrollado diversos sistemas e instrumentos de medición: el Tiempo es cuantificado en segundos, minutos, horas, días, etc., por medio de relojes y calendarios, mientras que el Espacio es medido longitudinal, superficial o volumétricamente, haciendo uso de reglas, haces de luz, recipientes aforados, entre otros mecanismos. Por eso es recurrente observar que en las representaciones gráficas que los individuos elaboran sobre el Tiempo y el Espacio, se esquematicen tales conceptos haciendo uso de relojes para el caso del Tiempo y de figuras geométricas para el caso del Espacio<sup>2</sup>. De esta manera, la medición del Espacio y el Tiempo son el reflejo de un modo de pensar concreto, en donde resulta más fácil reducir las nociones de Espacio y Tiempo a su sistema de cuantificación (Puig, 2009).

Debido a lo anterior, la conceptualización de dichos términos en la escuela es una tarea ardua que requerirá de los distintos modos de pensar de los educandos que permitan ampliar sus significados, a partir de la construcción de nuevas experiencias y del diálogo, la contrastación y la discusión propiciada entre pares y docentes, presentes en la construcción de conocimiento en torno al Espacio y al Tiempo. Para ello será indispensable reconocer la relación entre los mismos empleando la vía del lenguaje y la comunicación, desde donde se puede apreciar la conexión entre Espacio y Tiempo. No obstante, se han encontrado hasta el momento pocas investigaciones que indaguen sobre las formas de hablar de estudiantes, en relación con las ideas de Espacio y Tiempo y cómo son usados a la hora de ubicarse espacio-temporalmente. Igualmente, no se tienen referentes que aborden estos conceptos desde la diversidad conceptual y epistémica que se propone tratar en este trabajo, pues la mayoría de trabajos son de corte cognitivo o psicológico. Por tal motivo se considera que el presente proyecto puede brindar grandes aportes en estos campos y de esta manera contribuir al amplio marco de investigaciones en Enseñanza de las Ciencias, especialmente en lo referente a los conceptos de Espacio y Tiempo.

---

<sup>2</sup> Como apoyo a esta afirmación, obsérvense las representaciones realizadas por estudiantes de distintos colegios y que se presentan en el análisis de la prueba piloto desarrollado durante la investigación (Cap. IV, Sec. 4.2)



## CAPÍTULO II

# Ideas del Espacio y del Tiempo a lo largo de la Historia

---

*“El adulto común nunca se hace una idea de los problemas del espacio y el tiempo... Yo, por el contrario, la desarrollé tan lentamente que no empecé a preguntarme sobre el espacio y el tiempo hasta que fui adulto. Luego me adentré más profundamente en el problema que cualquier otro adulto o niño lo hubiese hecho.”*

*Albert Einstein*

Los conceptos de Espacio y Tiempo son conceptos organizadores que siempre se encuentran presentes en la diversidad de explicaciones tanto de orden epistemológico como ontológico, pues no sólo han hecho parte de los procesos de construcción del conocimiento, sino que también han sido fundamentales en la elaboración de teorías sobre los fenómenos naturales. Esto ha contribuido a la generación de diversas interpretaciones acerca de dichos conceptos, cambiantes a lo largo de la historia (Valencia & Olivera, 2005), así como al surgimiento de una diversidad de modos de hablar que ha dado pie a una serie de debates y discusiones, por medio de los cuales se busca recontextualizar estos conceptos, no sólo a nivel cognitivo y pedagógico como se apreció en el capítulo anterior, sino también a nivel científico y filosófico.

Varios estudios han mostrado ya cómo los conceptos de Espacio y Tiempo han sido asociados a distintos significados en el transcurso de la historia (Avila-Reese, 2008; Morones, 2004; Nicol, 1955; Pacheco & Pulido, 2001; Valencia & Olivera, 2005; Edwards & Smart, 1964; Reichenbach, 1958), desde las civilizaciones más antiguas, hasta la conformación de las sociedades actuales. En el presente capítulo no se pretende abarcar la génesis ni la totalidad de implicaciones de estos conceptos, sólo se abordarán algunos modos de hablar sobre los mismos desde ámbitos del saber como la Astronomía, la Física y la Filosofía, ya que desde estas perspectivas se fundamenta la investigación realizada, por lo que se considera que es posible mostrar a partir de ellas la diversidad que pueden llegar a tener los significados de los conceptos de Espacio y Tiempo según el contexto en el que se enmarquen, a fin de recontextualizar los saberes alrededor de los problemas relacionados con los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo.

## 2.1 Espacio y Tiempo en la Astronomía Mesoamericana

Las culturas prehispánicas mesoamericanas como la mexicana y la maya, dejaron en su legado pistas importantes acerca de la interesante comprensión que poseían sobre el Espacio y el Tiempo, impregnada por sus creencias de corte religioso, por sus modos de pensar y por su culto hacia la observación del cielo, lo cual les permitió crear ciudades altamente organizadas y calendarios mucho más precisos que los actuales. Las concepciones de Espacio y Tiempo estaban presentes en todos los aspectos de la vida diaria de estas culturas, por eso vale la pena tratar algunos de sus rasgos más sobresalientes para luego abordar el problema de la concepción del Espacio y el Tiempo desde los supuestos de la filosofía griega, en tanto son estas culturas las que más impacto han tenido en la conformación de la civilización occidental actual.

El conocimiento astronómico de las culturas mesoamericanas antes de la época de la conquista, tuvo tal avance que guió la construcción de grandes estructuras arquitectónicas, de modo que sus orientaciones correspondieran con las posiciones y apariciones de distintos cuerpos celestes en el firmamento; por lo general, las pirámides y templos daban de cara al oriente por donde “renace” el Sol cada día (García H. , 2008), como lo demuestra la famosa pirámide en Chichén Itzá, erigida con respecto a las posiciones aparentes del Sol y en donde se producen efectos visuales durante los equinoccios, los cuales asemejan el movimiento de una serpiente que baja y sube por la pendiente de la pirámide (Galindo, 2009), fenómeno que representa la llegada del Dios maya Kukulcan a la Tierra. Con base en estas ideas surge la idea de un *espacio habitable* compuesto por espacios públicos, privados y sagrados, que tratan de reproducir la organización del universo (García H. , 2008).

En cuanto a sus sistemas calendáricos, los cuales eran manejados exclusivamente por sacerdotes-astrónomos, estos podían no solo realizar predicciones de sucesos astronómicos y terrestres, sino que además encerraban un complejo simbolismo que iba más allá de su precisión matemática (Galindo, 2009). Esto implicaba que los calendarios eran una herramienta tanto para medir y organizar el Tiempo, como para ordenar el Espacio y sus construcciones, todo en relación con las deidades celestes que controlaban el universo (Galindo, 2009). El desarrollo de estas técnicas y saberes se encuentra

íntimamente ligado con las ideas de Espacio y Tiempo que construyeron estos pueblos, ya que los estructuraron como una unidad, como una sola dimensión, reflejando tal concepción en sus modos de hablar, ya que un mismo dialecto o representación gráfica, se usaba indistintamente para referirse al Tiempo o al Espacio. Sin embargo, vale la pena abordarlos inicialmente por separado para luego apreciar su relación.

Los relatos míticos mesoamericanos muestran que al Espacio de la mayoría de estas culturas, se le otorgaba una geometría plana finita, como han mostrado sus vestigios. Cada una de estas tribus concebía una superficie llana horizontal cuadrada, en donde se encontraba todo lo que habitaba la Tierra, distribuido entre las cuatro esquinas o puntos cardinales, cada uno sostenido por un dios y en cuyo centro se encontraba un árbol o poste (García H. , 2008); esta idea se plasmaba en la construcción de las casas indígenas, soportadas por cuatro columnas y un fogón en el centro ubicado sobre tres piedras (García H. , 2008). Asimismo se creía la existencia de un segundo plano vertical conformado por una sección superior (el cielo), una intermedia (la tierra) y una inferior (el inframundo), que al unirse con el plano horizontal en el instante de la creación, estableció la conexión necesaria para que el Tiempo empezara a correr (García H. , 2008).

Pero una particularidad surge entonces, cuando el Tiempo comenzó a “fluir” lo hizo de forma *cíclica*, siguiendo el mismo movimiento aparente de los astros en el cielo nocturno (García H. , 2008) y por ende dando paso a periodos *repetitivos* que facilitaban a los sacerdotes la labor de predecir el futuro. Esta topología del Tiempo permite pensarlo como un *círculo*, es decir, como un Tiempo sin principio ni final, un Tiempo infinito que se repite una y otra vez. Como prueba de lo anterior se encuentra el calendario ritual maya con el que se realizaba la cuenta larga del Tiempo (Figura 3) y constaba de una rueda dentada pequeña en donde se inscribían los números del 1 al 13 (días), la cual se ubicaba dentro de otra rueda dentada un poco más grande que contenía los glifos con los 20 meses (Calleman, 2012); esta última encajaba sobre una rueda “infinita” más grande de 360+5 días, en donde los periodos de Tiempo se repetían cada 52 años (Calleman, 2012), así el día, el mes y el año eran marcados por la combinación de los tres símbolos que coincidían en la parte interna del calendario como muestra la figura y su lectura por parte de los

sacerdotes mayas permitía adelantarse a las épocas de sequía, fertilidad, cambios climáticos, sucesos astronómicos, etc. (Calleman, 2012).

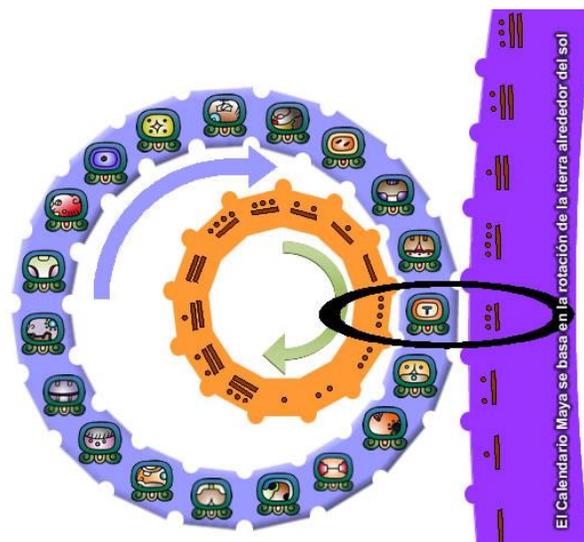


Figura 3. Rueda calendárica maya. Representa la concepción de un Tiempo cíclico en donde no se repite ninguna combinación entre días y meses hasta completar 265 días, mientras que las combinaciones con la rueda mayor sólo se repiten cada 52 años (Calleman, 2012)

En este orden de ideas, los mitos, las leyendas, las construcciones, los calendarios, las danzas y los glifos resultan modos de hablar de estas civilizaciones que develan la concepción construida sobre un Espacio y un Tiempo *tangibles*, altamente estructurados y determinados por el mundo habitado por sus dioses (García H. , 2008), un Espacio y un Tiempo con el que los sacerdotes podían interactuar para orientar el accionar del hombre en la Tierra, siguiendo los movimientos de los cuerpos en la bóveda celeste, un Espacio y un Tiempo que aún resulta ser un gran misterio para científicos e historiadores pues su comprensión requiere de estudios más profundos y complejos sobre las costumbres mesoamericanas prehispánicas.

## 2.2 El punto de vista filosófico acerca de los conceptos de Espacio y Tiempo

La construcción de los conceptos de Espacio y Tiempo no sólo fue de interés para las culturas mesoamericanas, sino que también se convirtió en un trabajo filosófico que demandó el esfuerzo de grandes pensadores de otras culturas importantes como la griega, por eso la formación y significación de estos conceptos ha dependido de los procesos históricos y socio-culturales en los que se encontraban estas personas, los cuales

determinaron a su vez el estilo de sus obras y el carácter de su pensamiento (Nicol, 1955). En este sentido, diferentes filósofos han llevado a cabo trabajos destacados alrededor de los conceptos de Espacio y Tiempo, desde los cuales se desprenden distintos modos de hablar sobre los mismos, que han influenciado notables teorías en el campo de la Física, por ejemplo. Por tal motivo, en el presente apartado se discutirán algunas de las acepciones filosóficas más sobresalientes de los conceptos de Espacio y Tiempo y que han marcado en cierta forma, los modos de pensar y de hablar sobre los mismos dentro la cultura occidental.

### **2.2.1 El Espacio y el Tiempo en la perspectiva de la filosofía griega**

Los primeros filósofos griegos como Hesíodo, Anaximandro, Heráclito, entre otros, consideraron dentro de sus pensamientos el problema del significado y el origen de los conceptos de Espacio y Tiempo, en un intento por desarrollar modos de pensar cada vez más abstractos, evidenciado en la manera en que procuraron conceptualizarlos, apartándose poco a poco de la perspectiva cosmogónica (Nicol, 1955). No obstante, dicho proceso de conceptualización que diera cuenta de un tipo de pensamiento sobre el origen de las cosas, tomaría varios siglos, ya que se debían crear los conceptos y los modos de hablar necesarios para representar las ideas que significaran aquellos fenómenos y objetos que los griegos observaban a su alrededor. De aquí surgen una serie de conceptos abstractos (Caos, vacío, infinito, arkhé, ápeiron, etc.), así como una gran cantidad de mitos que se constituyeron en modos de hablar representativos del pensamiento griego, por medio de los cuales se fomentaron las discusiones sobre la esencia del Espacio y el Tiempo, centrándose principalmente en las ideas de vacío y plenitud, así como en las de infinitud y finitud.

Entre los primeros relatos cosmogónicos conocidos, por ejemplo, se encuentra el de Hesíodo (s. VIII a.C.) en donde el origen de las cosas se da con la creación del Caos, entendido este no como el desorden sino como un “abismo oscuro” (Nicol, 1955), como una brecha que representa el Espacio sin nada y que después habitarán los dioses; por eso el Espacio se concibe como un *lugar* sin cuerpos y que con el desarrollo del pensamiento griego, luego daría paso a las nociones de infinito, vacío y no ser (Nicol, 1955).

A partir del Caos surgen el Cielo (Urano) y la Tierra (Gea), representaciones del Espacio y padres del Tiempo (Cronos), un dios con poderes inimaginables para los hombres y un carácter *animista, arbitrario y malévolo* (Figura 4), pues según la mitología griega, Cronos sediento por el poder absoluto devora a sus hijos Hestia, Demeter, Hera, Hades y Poseidón, a excepción de su hijo Zeus quien fue dado a luz en secreto (Nicol, 1955). Este



Figura 4. "Chronos" escultura de Franz Günter, es una representación alegórica del tiempo pasajero como un Dios viejo con alas, que sostiene en una de sus manos un reloj de arena, indicio de que el tiempo puede ser medible (Krén & Marx, 1996).

relato encierra un modo de hablar metafórico, pues aquí los hijos de Cronos al ser devorados por él, representan el envejecimiento del hombre debido al paso del Tiempo, el cual para los griegos da vida y muerte, deteriorando y llevándose todo a su paso constante, siguiendo un movimiento continuo y circular. Zeus al estar fuera de Cronos se convierte en un ser *eterno*, que luego es capaz de encadenar a Cronos como representación de que el Tiempo es medible. Aquí las narraciones de Hesíodo reflejan los dogmas de la cultura griega sin adentrarse en el problema del porqué de las cosas, en este caso, el porqué del Espacio y el Tiempo, ya que las creencias son suficientes para dar cuenta de su origen (Nicol, 1955).

Sin embargo, las interpretaciones mitológicas como las de Hesíodo, luego de algunos cientos de años no fueron suficientes para solucionar el problema del Espacio y el Tiempo, ya que no estaban conceptualizadas, por eso filósofos como Solón, Anaximandro y Heráclito (s. VI-V a.C.) se apartaron un poco de este tipo de concepciones y trataron de avanzar hacia la definición del concepto de Espacio como un *lugar infinito e indeterminado*<sup>3</sup>, que no fue creado pues él mismo es el principio o *ápeiron* como lo llamaría Anaximandro, “*condición y causa de los cielos y el mundo dentro de ellos*” (Puig, 2009).

<sup>3</sup> Para estos filósofos, el espacio es *indeterminado* puesto que en principio no posee características, no tiene ni tamaño, ni orden, ni luz, no es material, sin embargo esto no implica que no exista, ya que en esta perspectiva cumple la función del Caos, pues es el creador de las tinieblas, de la luz y de todo lo demás (Nicol, 1955).

De manera semejante el Tiempo adquiere un carácter más abstracto, pues es el Tiempo quien rige el *devenir cíclico* del cosmos, actuando como un juez que determina el orden de las cosas (Campillo, 1991; Nicol, 1955). Dicho devenir cíclico también resulta ser infinito y determina la finitud de los seres así como su cambio físico, pues al final del Tiempo de estos se encuentra la muerte quien retorna todo al ápeiron (Campillo, 1991; Puig, 2009), a ese *lugar* donde las cosas no se pueden distinguir, siguiendo un ciclo que jamás termina. Lo anterior, muestra cómo los primeros filósofos presocráticos le dan al Espacio y al Tiempo una topología circular y perfecta, responsable de que las cosas vuelvan a su lugar de origen después de un determinado tiempo y que se ajusta a la idea de indiferenciación, pues el círculo es una figura homogénea donde las distancias de cada uno de los puntos al centro es la misma (Puig, 2009). En este orden de ideas, el Espacio indeterminado de la filosofía presocrática, adquirió una estructura geométrica que le dio sentido tanto al universo (*physis*) como al Espacio habitable de los griegos (*polis*). Esta forma de pensar el Espacio y el Tiempo propició la organización de las primeras ciudades y de las normas de convivencia que regían la vida de los hombres dentro de ellas (Puig, 2009), todo con base en un ideal de igualdad que reflejaba la indiferenciación de todo lo que existía en el Tiempo y en el Espacio (Puig, 2009).

Con los trabajos de Empédocles, Parménides y Platón (s, V-IV a.C.) las ideas de Espacio y Tiempo se diversificaron considerablemente. El cambio de concepción sobre el Espacio y el Tiempo inició con el rechazo rotundo de la idea de Caos y de ápeiron, pues el Espacio según esta filosofía no puede estar vacío, es una imposibilidad ontológica vista desde este pensamiento (Nicol, 1955). Al respecto, Empédocles creía que el vacío no existía puesto que no es posible que a partir del *no ser* (espacio vacío) surja el *ser concreto* (espacio pleno), pues para Empédocles nada puede surgir de la nada dentro de un mundo limitado, es decir, un mundo perfecto ya que dicha limitación le confiere precisión, determinación, compactación y unidad (Nicol, 1955). Luego, el Espacio no puede *ser* vacío ni ilimitado, ya que entonces no podría contener ningún tipo de realidad. A favor de esta idea Simplicio (siglo V d.C.) retoma el argumento de Aristóteles de la siguiente forma:

"Si hay espacio estará en algo, porque todo lo que **es** está en algo. Así el espacio estará en el espacio, y esto va hasta el infinito; por tanto, no hay espacio." (Nicol, 1955, pág. 168)

No obstante, esto no excluye la idea de un tiempo infinito, por el contrario la no existencia del vacío es una idea que se complementa y se conecta con la infinitud del Tiempo (Nicol, 1955), cuyo carácter aquí es *lineal*, debido a que el círculo es finito en tanto posee límites, en cambio la concepción de un Tiempo *abierto, lineal e indefinido* es más cercana a la noción de infinitud temporal, pensada como una sucesión de "presentes" (Campillo, 1991) que se repiten una y otra vez eternamente. En este orden de ideas, el Tiempo siempre se encuentra vinculado con el *movimiento* o sea, con todo lo que cambia<sup>4</sup>; por ende, el Tiempo o la *temporalidad* no se pueden desligar de los movimientos observados en el entorno, ya que si no hay cambio entonces habrá intemporalidad (la negación del cambio es la negación del Tiempo). Esta es la evidencia de la noción de un universo ligado al Espacio y al Tiempo, un universo *cambiante* donde las cosas van de un lugar o estado a otro constantemente (Campillo, 1991; Nicol, 1955).

La idea de vacío fue retomada tiempo después por los filósofos atomistas, quienes pensaban en la posibilidad de un Espacio totalmente neutro, homogéneo y continuo (Nicol, 1955), lo cual permitió configurar un modo de pensar distinto por parte de los filósofos geómetras o pitagóricos (s. V a.C.) quienes formularon la existencia de un *espacio métrico* absolutamente vacío y abstracto, desligado completamente de la realidad del mundo físico puesto que todos los lugares son equivalentes (Nicol, 1955). Esto permitió que la geometría se desarrollara independientemente de las demás ciencias, ya que los razonamientos contruidos por los geómetras eran altamente racionales, analíticos y simbólicos (Nicol, 1955), por lo que no permitían comprender la naturaleza directamente, sin embargo, este paso fue fundamental para la posterior construcción de un pensamiento matemático sobre el mundo, sobre todo gracias a la elaboración de sistemas numéricos que dieron paso a los primeros sistemas de medida de longitudes y hasta de tiempos. Con

---

<sup>4</sup> El movimiento era pensado no sólo como el desplazamiento de un cuerpo, sino también como cualquier tipo de cambio físico que presentaran los cuerpos y el cosmos, desde el crecimiento o degeneración de un ser vivo hasta las dinámicas de generación o corrupción de la sociedad.

el progreso de la geometría griega, empezaron a surgir mecanismos de medición de tiempos y de distancias espaciales haciendo uso de clepsidras para el primero y de partes del cuerpo como el pie, el palmo, el brazo, el codo, etc. para el segundo, prácticas que se extendieron inclusive hasta después del siglo XV d. C. con la creación de unidades de medida como la Yarda. Esta forma concreta de medir el Espacio y el Tiempo favoreció una nueva concepción abstracta sobre los mismos: *el espacio plano geométrico* y la idea de un Tiempo que fluye, el *tiempo métrico*.

Al respecto, Euclides (s. III-II a.C.) fundamenta su concepción en la idea de *unidad matemática* (Nicol, 1955), siendo esta el todo indivisible e imperceptible, el Bien Supremo, cuyo desdoblamiento da origen a los números. Como la unidad no tiene partes, entonces esta se puede representar por medio del *punto*, por consiguiente el punto es el principio de la dimensión (de la línea) aunque no sea ella en sí (Nicol, 1955). Si se sigue avanzando en el razonamiento, entonces se deduce que la línea es el principio de lo bidimensional (de las superficies), aunque tampoco sea la superficie en sí y finalmente, lo bidimensional es el principio de lo tridimensional, a pesar de que lo bidimensional no sea propiamente lo tridimensional, así es como surge la tercera dimensión espacial (Nicol, 1955). En relación al Tiempo, son los números los que le dan su carácter de sucesión regulada y rítmica, como manifestación de la *eternidad (aión)*<sup>5</sup>, por lo que el Tiempo desde este punto de vista resulta ser medible o numerable (Campillo, 1991). Así, el Tiempo es engendrado a partir de la *unidad infinita* en tanto esta última produce una serie infinita de números al desdoblarse en ellos, lo que a su vez da paso al movimiento cósmico (Campillo, 1991).

Estas ideas constituyeron los cimientos de la filosofía de Aristóteles (384 – 322 a.C.) sobre el Espacio y el Tiempo, a tal punto que lo llevaron a escribir el tratado más completo sobre dichos conceptos: el libro IV de la *Física* (Aristóteles, 1995). En este documento, Aristóteles retoma varias ideas pitagóricas y platónicas para describir las características del Tiempo y del Espacio. Aristóteles define el Tiempo como “*la medida del movimiento y el reposo... según el antes y el después*” (Aristóteles, 1995, pág. 60), considerándolo

---

<sup>5</sup> Desde la filosofía platónica se hace una distinción entre tiempo y eternidad, como dos aspectos distintos del *ser*, de la totalidad. Así, las cosas finitas nacen del ser eterno y mueren en él, siguiendo el orden del tiempo.

como una sucesión abstracta, continua e infinita de *instantes*, interpretados estos como las unidades indivisibles dentro la dimensión temporal que ligan un antes con un después. Los instantes son repetitivos, secuenciales e indivisibles, por lo que el movimiento para Aristóteles no se puede dar en un instante, el movimiento surge únicamente en un intervalo de Tiempo (Aristóteles, 1995).

Además, dichos instantes tampoco pueden ser percibidos por el pensamiento ni por los sentidos (Campillo, 1991), sólo es posible percibir el Tiempo a través de los cambios y desde el presente, pues el pasado ya dejó de *ser* y el futuro aún no *es*, el Tiempo sólo *es* en el presente en tanto haya algún tipo de movimiento que permita hablar de él (Campillo, 1991). Nótese aquí que aunque Aristóteles pretende proponer un modo de pensar más abstracto sobre lo que es el Tiempo, no deja de lado la experiencia como modo concreto de pensar, pues es a través de la percepción de los movimientos que se llega a conceptualizar el Tiempo. La sucesión de los instantes hacia el infinito origina el Tiempo y este a su vez es la propiedad intrínseca de todo tipo de movimiento, luego es imposible hablar del movimiento de los cuerpos haciendo referencia a un solo instante aislado. Este es el Tiempo *cronológico* (*chronos*), contable y medible a través de calendarios y relojes, que en su constante e infinito devenir producto de los movimientos naturales (Campillo, 1991), da cuenta primero, de una extensión a manera de metáfora espacial, ya que el Tiempo puede ser corto o largo (Aristóteles, 1995) y segundo, de una eternidad (*aión*) estática y viceversa, pues no hay eternidad sin Tiempo y no hay Tiempo sin eternidad (Campillo, 1991).

El movimiento entonces, no sería posible si no estuviese contenido en el Tiempo y si no existiera un Espacio que cumpliera la función de receptáculo (*dektikón*) *inmóvil*, a manera de marco de referencia fijo, que albergara los cuerpos en movimiento y cuya forma o tamaño se modifique en función del tamaño y la forma de los cuerpos (Aristóteles, 1995). El Espacio resulta ser entonces un *contenedor* sin forma y sin materia, en donde cada uno de los cuerpos ocupa un *lugar*, dándole automáticamente *forma* al Espacio y definiendo así la cantidad de materia del cuerpo (Aristóteles, 1995), por ende si no hay cuerpos que ocupen un lugar entonces no habrá Espacio (Edwards & Smart, 1964), aunque el Espacio

no haga parte de los cuerpos, en tanto un mismo lugar puede ser ocupado por diferentes cuerpos.

En otras palabras, para Aristóteles (1995) la idea de vacío no es aceptable, puesto que si el lugar existe por sí mismo, entonces éste debe existir en un lugar, el cual a su vez existe en otro lugar y así infinitamente, lo cual se constituye en una aporía o paradoja irresoluble (Aristóteles, 1995). Entonces cabe preguntarse, ¿qué características tiene el Espacio para Aristóteles y qué hay más allá del mismo? Aunque para Aristóteles el Espacio no se encuentra contenido en algo más, sí se constituye en un lugar finito, único, sin intersticios y por fuera del cual no hay absolutamente nada, ni siquiera el vacío, pues inclusive este último es algo así como el lugar. Aquí es interesante apreciar la disertación que hace al respecto Aristóteles (1995) sobre el vacío en su obra, mostrando los argumentos a favor y en contra sobre su posible existencia, para luego concluir que el vacío no existe, debido a que por un lado imposibilitaría el movimiento de los cuerpos, pues en él no existen direcciones naturales como el arriba y el abajo hacia las cuales se dé el movimiento y por otro, si es un *lugar* donde no hay nada es imposible que se encuentre vacío, ya que por ser un *lugar* debe estar relacionado con algo o ser la extensión de un cuerpo (Aristóteles, 1995).

Así, estando dentro de este Espacio cualquier observador puede distinguir en él seis direcciones absolutas: arriba, abajo, derecha, izquierda, adelante y atrás, así como dos tipos de lugares, el *lugar común*, donde se encuentran todas las cosas y el *lugar propio* donde cada cosa se encontraba en un principio (Cárdenas, 2008). Tiempo y Espacio se encuentran vinculados entonces por tales movimientos o cambios naturales (Figura 5), puesto que los momentos siempre ocurrirán en un determinado lugar donde se encuentran los cuerpos. Resulta relevante apreciar también el papel esencial que se le da al observador (Aristóteles, 1995), pues sin observador y sin la *inteligencia del alma*, es imposible la existencia del Tiempo, en tanto no existiría nadie que pueda medirlo.



Figura 5. Para Aristóteles el Tiempo y el Espacio son finitos, continuos y se encuentran relacionados por los movimientos de los cuerpos; a su vez, cada uno de ellos existe en tanto exista la inteligencia del alma para poder medirlos (Imagen elaborada por el autor).

Esta rápida revisión de la construcción de los conceptos de Espacio y Tiempo en la filosofía griega, permite apreciar además cómo los modos de hablar tienden en muchas ocasiones a ser metafóricos y cómo los modos de pensar de los autores en principio son concretos, pero en muchas ocasiones y con el enriquecimiento de las experiencias y las discusiones, llegan a ser modos de pensar abstractos, puesto que los relatos mitológicos eran resultado más de la imaginación que de la misma razón (Nicol, 1955). De este modo en la Tabla 1, se resumen los aspectos relacionados con los conceptos de Espacio y Tiempo en la filosofía griega.

Tabla 1. Modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo desde algunos pensadores griegos.

PENSADOR	IDEA DE ESPACIO	IDEA DE TIEMPO
Hesíodo (s. VIII a. C.)	Lugar vacío, origen de las demás cosas, (entre ellas el tiempo) habitado por los dioses y representado por Urano y Gea.	Dios arbitrario, irregular y malévolo, posible de encadenar (medir).
Solón, Anaximandro, Heráclito (s. VI-V a. C.)	Lugar infinito e indeterminado (sin forma), creador de todo.	Juez que le da orden al mundo, es infinito, cíclico y determina la finitud de los seres.
Empédocles, Parménides, Platón (s. V-IV a. C.)	No puede estar vacío, ni ser ilimitado, siempre contiene algo	Lineal, abierto e infinito, determinado por la sucesión de presentes y al movimiento de los cuerpos.
Pitagóricos (s. V a. C.)	Neutro, homogéneo, vacío, métrico y continuo.	Medible, continuo y pasajero, en tanto siempre está fluyendo.

PENSADOR	IDEA DE ESPACIO	IDEA DE TIEMPO
Euclides (s. III-II a. C.)	<i>Originado a partir de la unidad o punto</i> , que compone la línea, esta a su vez las superficies y estas la tridimensionalidad	Es una <i>sucesión regulada y rítmica</i> , que origina el movimiento de los cuerpos.
Aristóteles (s. II a. C.)	Es un <i>receptáculo estacionario</i> , que modifica su forma según las formas de los cuerpos dentro de él. Es <i>continuo</i> y <i>finito</i> que jamás puede estar vacío.	A partir de los movimientos y de las sucesiones que dan paso al antes y al después, se define el tiempo <i>abstracto, continuo, contable, medible pero infinito</i> , compuesto por instantes indivisibles.

Dichos modos de pensar y de hablar fueron influenciados a su vez por un largo proceso histórico de diálogo, discusión y contrastación, el cual favoreció la representación y estructuración cada vez más compleja de los conceptos de Espacio y Tiempo, a partir de la experiencia, la razón y el lenguaje, elementos claves en la construcción del conocimiento antiguo. No obstante, este proceso no terminó aquí, sino por el contrario nuevos pensadores retomaron algunas de estas ideas y formularon nuevos modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo.

### 2.2.2 La Eternidad y Voluntad de Dios como principios del Espacio y el Tiempo

Los procesos de conceptualización del Espacio y el Tiempo, no son procesos lineales que van de lo concreto a lo abstracto de forma progresiva, pues bajo ciertas condiciones culturales e históricas, las maneras de concebir dichos conceptos se ven afectadas, influenciando así las miradas y obras de los pensadores, llevándolos en ocasiones nuevamente a modos de pensar más concretos, en donde se imponen las creencias y los ideales, utilizando para ello representaciones que poseen un alto contenido simbólico (Nicol, 1955). En este sentido, se deja de lado la preocupación por categorizar racionalmente los conceptos sobre el Espacio y el Tiempo, para dar paso a la aceptación de “verdades absolutas” con las que se tratan de solucionar los problemas ontológicos, a través de una causa primordial, que para el caso de los filósofos de la Edad Media toma la forma concreta de Dios. Por tal motivo, los trabajos de San Agustín (354 – 430) y Santo Tomás de Aquino (1224 – 1274) son referentes primordiales de este modo de pensar, en tanto para ellos los conceptos de Espacio y Tiempo surgen en la comprensión de la

creación de Dios, por lo que siempre se parte desde una perspectiva teológica, teniendo en cuenta para ello los planteamientos de la filosofía griega (Nicol, 1955).

San Agustín (1955) retoma la discusión sobre el significado del Tiempo por varias razones: por un lado reconoce su importancia debido a su uso diario y familiar en las interacciones lingüísticas con los demás así como por la percepción que se tiene de los intervalos temporales, pero por otro lado, para San Agustín (1955) el Tiempo resulta ser una entidad de gran relevancia, en tanto surge en el momento de la creación por voluntad de Dios quien es *eterno*, luego, la creación se da en la eternidad y el Tiempo es una consecuencia de dicha creación, por lo que antes de ella no es posible que existieran tiempos anteriores (Agustín, 1955); en otras palabras, no es posible entender el Tiempo sin la ayuda de Dios quien desde su eternidad fue el gestor del mismo. De esta manera y con base en los planteamientos propuestos por Plotino (204 – 270), para quien el Tiempo era una creación del Alma Universal, San Agustín (1955) plantea una disertación en torno al significado del concepto Tiempo, mostrando la dificultad que reviste definirlo con exactitud, por lo que se enfoca principalmente en sus características en relación con la visión creacionista propia del Cristianismo, usando un lenguaje metafórico.

El Tiempo para San Agustín (1955) proviene de los movimientos generados por el Alma y ellos en conjunto, son los responsables de que se hable del pasado y del futuro, a diferencia de la eternidad en donde siempre es presente (Agustín, 1955), por esta razón Tiempo y eternidad son totalmente distintos aunque el primero dependa del segundo. No obstante pueden haber “*tiempos cortos*” (como diría San Agustín (1955) “espacios de tiempo” de minutos, horas o días) o “*tiempos largos*” (“espacios de tiempo” de meses, años o siglos), mas no “*tiempos eternos*” pues se entraría en una contradicción. Aquí San Agustín (1955) pone de manifiesto una metáfora espacio-temporal en estos modos de hablar sobre el Tiempo tal y como expone Aristóteles, pues le da a este un carácter espacial en la medida de que puede ser largo o corto, lo cual permite pensarlo nuevamente como un tiempo lineal.

Pero además hace una aclaración en relación con estas características: el Tiempo *existe* en la medida de que sea presente, de lo contrario ya fue y dejó de *ser* o aún no se ha dado

y por ende todavía no puede *ser*, por lo que el pasado y el futuro, así como su extensión, sólo *existen* en los recuerdos o en la mente (Agustín, 1955). Pero entonces surge una cuestión, ya que si el pasado y el futuro fueron o pueden ser tiempos cortos o largos, entonces ¿qué tan largo o corto es el presente? San Agustín (1955) llega a la conclusión de que el Tiempo presente es “*indivisible*” en tanto debe ser “*diminuto y efímero*” (Agustín, 1955), como ya había planteado Aristóteles al hablar de los instantes; así, si el presente tuviese alguna extensión inmediatamente dejaría de ser presente. Por ende, sólo es posible medir el Tiempo desde el presente en espacios temporales con principio y fin, mas no en el pasado o en el futuro porque estos no existen. Los planteamientos de San Agustín son un fiel reflejo de las teorías de Aristóteles, con la diferencia de que el primero parte de un pensamiento concreto representado en la idea de Dios, para luego emplear los razonamientos lógicos a fin de justificar su existencia (Campillo, 1991). Por tal razón, el Tiempo y la eternidad siguen siendo pensados como entidades que *existen* únicamente en el “presente” o en el “ahora”, frente a la contemplación del alma (Campillo, 1991).

Así como San Agustín, Santo Tomás (2001) retomó y sintetizó gran parte de las ideas de la filosofía clásica griega y de la doctrina católica, por lo que en sus investigaciones la discusión sobre los conceptos de Espacio y Tiempo es necesaria, en tanto la comprensión de ellos se deriva de la comprensión que se tenga de Dios. En este sentido Santo Tomás (2001) concibe a Dios como la Existencia y la Esencia Plena en la cual no existe ningún tipo de límite ni de mutabilidad, pero de la cual son creados todos los demás movimientos y cosas materiales con formas, incluidos el Espacio y el Tiempo, puesto que Dios es ese “motor inmóvil”, origen de los movimientos en el universo (Aquino, 2001). Al no manifestar ningún tipo de movimiento, Dios resulta ser *eterno*, siendo esta eternidad la que le da origen y sentido al Tiempo, el cual “*no es más que el número de movimiento según el antes y el después*” (Aquino, 2001), es decir aquello que es cronometrable en las cosas que tienen principio y fin. En este sentido, por fuera de la eternidad no hay nada, porque es en ella y por voluntad de Dios que todo existe.

El Tiempo de Santo Tomás (2001) posee el mismo carácter métrico del Tiempo de Aristóteles, solo que el primero reduce su significado a su carácter medible a través de los movimientos, pues a diferencia de San Agustín, la esencia del Tiempo radica en las

acciones más que en el mismo ser<sup>6</sup> (Aquino, 2001), por esto le da mayor importancia a la eternidad, sin principio ni fin, en donde no es posible la existencia de sucesiones o



Figura 6. "La creación del mundo" de Miguel Angel, representa el momento en el que Dios surge del caos y a partir del verbo crea el mundo, separando sus manos en un gesto de gran poder, con el que divide el mundo en dos (Digitales, 2012).

cambios, sólo es posible la *simultaneidad* en su totalidad como medida de lo permanente. De este modo, Santo Tomás (2001) no se preocupa por entender el Tiempo sino por entender la eternidad, puesto que es una idea difícil de comprender debido a que no se tiene experiencia alguna sobre ella, por la misma condición temporal del hombre.

Sin embargo, Santo Tomás (2001) extiende un poco más su razonamiento, lo cual le permite deducir algunos elementos sobre el Espacio. Así por ejemplo, si nada existe por fuera de la eternidad de Dios, entonces el mundo y por ende el Espacio donde habitan los seres, debió haber tenido su principio en la eternidad y voluntad de Dios, del mismo modo que el Tiempo (Aquino, 2001); pero dicho principio no se dio por *generación* como se propone en la filosofía griega, sino por *creación* (Figura 6), en tanto Dios puede crear de la nada (Aquino, 2001). Es por esto que se afirma que “en el principio Dios creó el cielo y la tierra”, para indicar que antes de que cualquier cosa existiera, Dios primero creó simultáneamente el Tiempo, el cielo (el Espacio), la tierra (materia corporal) y la naturaleza angélica (Aquino, 2001).

De lo anterior se sigue que antes del mundo no había ningún tipo de espacio, ni de lugar, ni de vacío, pues para que se dé el vacío es necesaria la existencia de un Espacio con

---

<sup>6</sup> Al respecto, Santo Tomás hace una diferenciación entre la medida de los movimientos y de las acciones de los seres mutables (tiempo) y la medida de los cambios de los seres espirituales (*evo*). Los seres espirituales no están sujetos a corrupción pero sí pueden cambiar de forma intelectual, cosa que no es posible medir con el tiempo, por eso introduce el concepto de *evo* como una medida de duración entre el tiempo y la eternidad (más cercana a esta última), que tiene principio pero no fin, no tiene antes ni después, pero son ideas que pueden asociársele (Aquino, 2001).

*capacidad*. Se aprecia entonces que para Santo Tomás (2001), el Espacio tiene nuevamente el carácter de receptáculo en donde se encuentran contenidos todos los seres materiales, sus formas y sus movimientos, por eso lo interpreta como la medida externa de los cuerpos móviles y resulta ser finito a diferencia de Dios quien es el único ser infinito e incontenible (Aquino, 2001); no obstante le otorga una característica adicional al Espacio y es que este es totalmente *transparente*, debido a que es posible ver la luz de las estrellas en el firmamento (Aquino, 2001), lo cual es una idea desprendida de la experiencia sensible. A modo de síntesis en la Tabla 2 se presentan las ideas más importantes sobre el Espacio y el Tiempo para estos pensadores del Cristianismo.

**Tabla 2. Ideas sobre el Espacio y el Tiempo según San Agustín y Santo Tomás.**

PENSADOR	IDEA DE ESPACIO	IDEA DE TIEMPO
San Agustín (354-430)	Creado por Dios, comprensible sólo por revelación.	Creado por Dios, comprensible sólo por revelación. Puede ser <i>corto</i> o <i>largo</i> . Existe en el presente. Es <i>indivisible, diminuto y efímero</i> .
Santo Tomás de Aquino (1224-1274)	Creado en la voluntad y eternidad de Dios. Posee <i>capacidad</i> para contener materia, formas y movimientos, además es <i>transparente</i> .	<i>Cronometrable, medible, cambiante y sucesivo</i> , por lo que no permite la simultaneidad.

Tal vez los trabajos de estos filósofos no contribuyeron notablemente a la ampliación de los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo, no obstante es interesante notar que aunque su pensamiento tiende a ser concreto por considerar la figura de Dios como única causa de las cosas, también muestran un modo de pensar abstracto en tanto emplean la lógica para argumentar la existencia de Dios, sin embargo no es posible demostrar su existencia y su obra, en tanto su comprensión sólo se da por revelación, convirtiéndose así en un artículo de fe.

### 2.2.3 Discusiones modernas sobre los conceptos de Espacio y Tiempo: Entre la experiencia y la razón

A partir del siglo XV en adelante, la filosofía y los debates alrededor de los conceptos del Espacio y el Tiempo tomaron un nuevo rumbo, gracias al florecimiento de nuevas corrientes de pensamiento, las cuales en un intento por construir una concepción más coherente sobre el universo, consideraron al hombre, mas no a Dios, como la medida de todas las cosas. Esto propició no solo un ambiente de gran creatividad intelectual, sino

también de fuertes debates, alimentado además por la revolución científica de la época que en términos de Kuhn (1962) desembocaría en una crisis acompañada por la formulación de nuevas teorías y el cambio de metáforas y significados.

Al ser el hombre el centro de todo, la razón humana y los modos de pensar jugaron un papel importante en la formulación de ideas sobre el Espacio y el Tiempo, aunque para algunos filósofos de la época aún persistía la idea de Dios<sup>7</sup> como causa primera. En este aspecto René Descartes (1596-1650) ofrece una mirada del Espacio en términos de la materia, pues considera que esta última es un tipo de sustancia finita (proveniente de la sustancia infinita de Dios), cuya esencia se encuentra relacionada no con las características sensibles de los cuerpos (color, dureza, peso, etc.), sino con su *extensión* en las tres dimensiones (Descartes, 1959), en tanto todos los cuerpos ocupan un Espacio de manera semejante como planteaba Baruch Spinoza (1632 – 1677). Para llegar a esta conclusión, Descartes (1959) recurre a experimentos mentales en donde imagina cuerpos a los que les quita sus características sensibles, al final, lo único que queda para él es la *extensión* del cuerpo (forma y tamaño) que le permite ocupar ese Espacio “vacío” (Descartes, 1959).

En este sentido, el Espacio vacío para Descartes (1959) no es absoluto, pues aunque se dé el caso en que no contenga materia, siempre va a contener extensiones, es decir, formas y tamaños que pueden ser ocupados por cualquier cuerpo, pero que no necesariamente pueden ser percibidos a través de los sentidos (Descartes, 1959). De este modo y como afirman Alvarado & Sandoval (2002) el Espacio es un “*receptáculo continuo*” que no contiene objetos concretos sino formas abstractas, las cuales le dan una especie de sostén a la materia, puesto que sin ellas los objetos colapsarían sobre sí mismos (Alvarado & Sandoval, 2002). Los objetos por su parte pueden ocupar un *Espacio*, pero además pueden poseer un *lugar*, la diferencia radica en que el lugar hace referencia únicamente a la posición del cuerpo con respecto a otros cuerpos que permanecen en reposo; por tal razón, Descartes (1959) considera el Espacio como un *lugar intrínseco* a cada cuerpo,

---

<sup>7</sup> Esta idea de Dios no se corresponde con la del Dios cristiano, pues surge como consecuencia de los razonamientos lógicos y la corriente filosófica de la época, impulsada principalmente por Descartes y Spinoza.

mientras que su posición la asume como un *lugar extrínseco* que depende de los otros cuerpos.

En contraposición a las ideas racionalistas, John Locke (1632 – 1704) y David Hume (1711 – 1776) ponen de presente nuevamente la necesidad de un modo de pensar concreto en la elaboración de ideas sobre el mundo, en tanto es a través de los sentidos y de la experiencia directa o indirecta con el entorno que es posible obtener conocimiento sobre las cosas, ya que dicha experiencia imprime sobre la mente todas las representaciones como si fuese un papel en blanco pues no es posible que la mente las cree por sí misma (Artkinson, Hall, Landau, Szudek, & Tomley, 2011). Cuando ya se poseen dichas representaciones se forman las primeras *ideas simples* que luego de algunos procesos de reflexión que permiten relacionarlas y diferenciarlas, se convierten en *ideas complejas* (Locke, 1999); en este aspecto Hume (2001) agrega que pueden existir además ideas de un alto grado de complejidad, denominadas “*ideas abstractas*” (Hume, 2001).

La idea simple de Espacio se adquiere principalmente por la visión y el tacto, lo cual lleva a pensarlo escuetamente como la distancia entre dos objetos o puntos, por ende, si la distancia cambia entonces el Espacio se verá modificado (Hume, 2001; Locke, 1999), como si se ampliara o se redujera la distancia entre dos paredes de una habitación. Por lo anterior, al momento de realizar mediciones es necesario recurrir a objetos que permitan obtener la idea de una distancia fija como los pies, los brazos, el diámetro de la Tierra, etc., ideas que después de algunos procesos de relación mental pueden ser usadas sin recurrir directamente al objeto, puesto que ya se posee la experiencia. Así, para Locke (1999) y Hume (2001) es posible llegar a ideas como la de “*inmensidad y continuidad*” imaginando series progresivas de distancias fijas, las cuales ordenadas en cantidades crecientes permiten concebir un Espacio continuo tan amplio como se quiera. No obstante, lo anterior no implica que a través de este procedimiento se pueda llegar a la idea de un Espacio infinito (Hume, 2001), pues como indica Cabañas (2010) las representaciones mentales siempre son finitas debido a sus orígenes empíricos (Cabañas, 2010).

La percepción del Espacio a través del tacto y la visión conlleva también a las ideas simples de *figura* y *lugar*. La primera manifiesta la relación existente entre la extensión

de un cuerpo y el Espacio circundante, mientras que la segunda indica la equidistancia que existe entre un cuerpo en reposo y dos o más objetos a su alrededor (Edwards & Smart, 1964; Locke, 1999). Tales objetos o puntos constituyen así un tipo de marco de referencia que permite establecer el lugar en donde se encuentra un cuerpo u otro punto, luego el lugar es una idea que depende de la percepción de los demás objetos y el Espacio en sí adquiere la característica de ser *inmóvil* (Figura 7). Dicha dependencia no implica para Locke (1999) que el Espacio no pueda existir sin la presencia de cuerpos, por el contrario y a diferencia de los planteamientos de Hume (2001), las ideas de cuerpo y de Espacio son totalmente distintas por lo que el Espacio puede existir indudablemente sin la existencia de cuerpos, en este sentido, las características sensibles de estos últimos (color, dureza, ligereza, etc.) son independientes del Espacio (Locke, 1999).

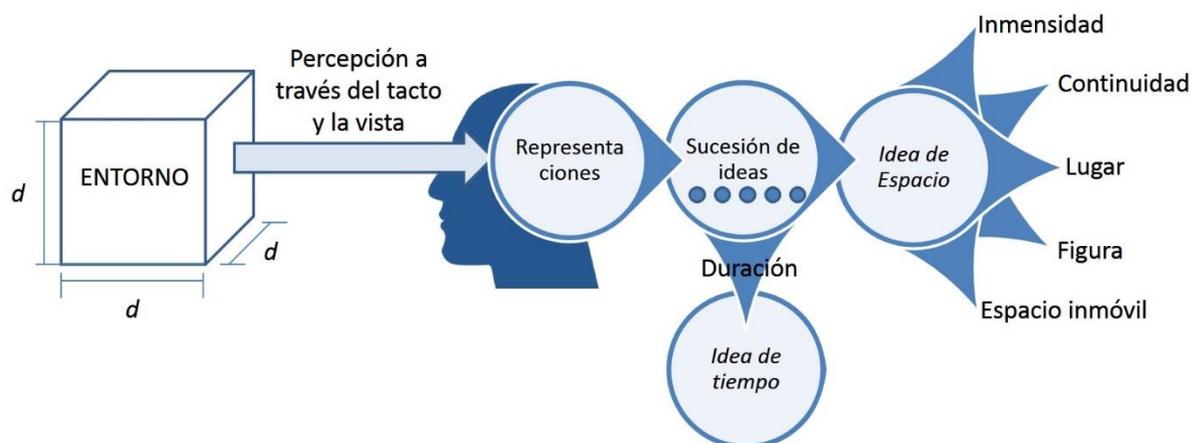


Figura 7. Para Locke (1999) la idea de Espacio se obtiene mediante la percepción a través de los sentidos y la reflexión sobre las representaciones configuradas, para así desencadenar una sucesión de ideas que no solo permiten establecer las características del Espacio, sino también definir la idea de Tiempo por medio de la medida de la duración de dicha sucesión (Imagen elaborada por el autor).

En cuanto a la idea de Tiempo, Locke (1999) y Hume (2001) afirman que no es posible obtenerla sin la ayuda de las ideas de “sucesión y duración”, aunque cada uno las considera de manera distinta. Para Hume (2001) la idea de Tiempo es una idea abstracta ligada necesariamente a la sucesión de sensaciones continuas de objetos mudables y por la sucesión de ideas simples, las cuales al ser percibidas una tras otra como *momentos* que son *únicos, indivisibles y no coexistentes*, permiten formar la idea de causa y efecto a pesar de que la mente humana no sea capaz de identificar las conexiones entre la causa y el efecto (Hume, 2001). Mientras que para Locke (1999) la idea de Tiempo no surge en la

interacción entre el medio externo y los sentidos, sino que se da gracias a los procesos de reflexión mentales que permiten percibir la sucesión de ideas cambiantes al momento de pensar (Locke, 1999). Dicha secuencia que permite ir mentalmente de una idea a otra favorece el establecimiento de la idea de duración. De esta manera, Locke (1999) niega la posibilidad de percibir el Tiempo a través de la observación directa del movimiento de los cuerpos, pues existen movimientos que ni siquiera son perceptibles, sólo es posible dar cuenta de la sucesión de ideas producidas por los pensamientos. La medida de estas duraciones a través de su división en periodos regulares de igual extensión, pensadas por medio de eventos externos como el movimiento de los cuerpos celestes, es lo que para Locke debe llamarse *Tiempo* (Figura 7).

Los trabajos de estos y otros filósofos de la época, muestran dos modos distintos de pensar el Espacio y el Tiempo, puesto que por una parte se tienen los pensadores de la corriente racionalista como Descartes, quienes le daban mayor importancia a los modos abstractos de pensar, fundamentándose en la razón y el entendimiento humano, mientras que por otro lado se encontraban los filósofos empiristas como Locke, quienes argumentaban que las ideas de Espacio y Tiempo dependían en última instancia de la experiencia sensible que se tiene del mundo, lo cual manifiesta un modo de pensar concreto que aún así no deja de lado los modos abstractos de pensamiento. Sin embargo, Immanuel Kant (1724 – 1804) mostraría que ambos modos de pensar son indispensables en la elaboración de ideas en torno a los conceptos de Espacio y Tiempo.

Permeado no solo por las discusiones sobre el Espacio y el Tiempo presentadas anteriormente, sino también por los acontecimientos científicos que tuvieron lugar en Europa, principalmente gracias a los trabajos de Isaac Newton (1642 – 1727), Kant (2005) enriqueció con su obra y su pensamiento los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo, pues para él existe un mundo externo y material que sólo es posible percibir a través de los sentidos y comprender por medio del “camino seguro” que ofrece la ciencia, por ende la experiencia humana se edifica a partir de dos elementos claves: la *sensibilidad* que permite la interacción directa con los objetos en el Espacio y el Tiempo, y el *entendimiento* que de por sí ya posee *intuiciones* y además favorece la elaboración y uso de los *conceptos*, con los cuales es posible organizar los fenómenos (Artkinson, Hall, Landau, Szudek, &

Tomley, 2011). En otras palabras los conceptos formados de los objetos, siempre son para Kant (2005) producto de los juicios, las reflexiones, las deducciones y demás procesos abstractos que lleva a cabo la mente.

En este orden de ideas, en el pensamiento de Kant (2005) se encuentran manifiestas dos clases de representaciones: los conceptos “*a posteriori*”, generados por el entendimiento a partir de la experiencia con el mundo, y las intuiciones “*a priori*”, que se consideran innatas a cualquier ser humano e independientes de cualquier experiencia, como si al nacer ya estuviesen almacenadas en la mente; estas intuiciones permiten la elaboración de conceptos universales puesto que para Kant (2005) hacen parte del entendimiento de cualquier persona. Cuando el entendimiento humano logra organizar e interrelacionar todos estos conceptos para adquirir conocimiento, entonces se dice que ha establecido *categorías* o formas puras del entendimiento (Kant, 2005). De este modo, el Espacio y el Tiempo para Kant (2005) no son conceptos en esencia, sino *intuiciones a priori*, en tanto no hacen parte de un concepto más general, por lo que no existe ningún tipo de experiencia sensible que permita crearlos con ayuda del entendimiento. No obstante, aunque Espacio y Tiempo se encuentran innatamente en el pensamiento de las personas, sólo emergen cuando se tiene la experiencia con el mundo (Kant, 2005). Así y a pesar de que para Kant (2005) son importantes los modos concretos de pensar para conocer el mundo, le da al Espacio y al Tiempo un carácter principalmente abstracto, pues no es posible que provengan de la experiencia por ser las ideas más simples imaginables.

El Espacio al contener todos los objetos sensibles de los cuales no se tienen experiencias innatas, le permite al entendimiento a través de los sentidos establecer las figuras, magnitudes y relaciones entre dichos objetos (Kant, 2005). El Espacio se constituye en la base que permite la interacción con el mundo, por lo que la experiencia de los objetos es netamente espacial, por eso no se puede imaginar un “vacío” sin objetos y sin Espacio, sólo es posible un “vacío” en donde haya Espacio mas no objetos, caso en el que el Espacio tomaría la *forma* de intuición pura (Kant, 2005). El *concepto universal* de Espacio, que por cierto es único para Kant (2005), surge entonces cuando se delimita y se divide en diferentes partes la intuición del Espacio, la cual al poseer una multiplicidad de representaciones adquiere una magnitud *infinita*.

El Tiempo tampoco puede ser percibido directamente, sólo es posible ser consciente de él por intermedio del movimiento, del cambio o del estado de reposo de los cuerpos que se encuentran en el Espacio. En este sentido el Tiempo, que al igual que el Espacio es único en la teoría de Kant (2005), jamás puede desaparecer en tanto es una intuición fundamental tanto para los fenómenos como para las demás intuiciones y conceptos entre los que destaca el de simultaneidad y el de sucesión, lo cual no significa que pueda existir por sí mismo, pues su existencia depende de la intuición interna que tiene cada individuo sobre el Tiempo (Kant, 2005). Al respecto Kant (2005) afirma que el Tiempo tiene un carácter lineal por lo que la existencia de tiempos distintos es sucesiva mas no simultánea, a diferencia del Espacio en donde la existencia de diversos espacios es simultánea mas no sucesiva. Así las cosas, el Tiempo no permite determinar las propiedades de los objetos externos como sí lo hace el Espacio, ya que el Tiempo sólo determina el tipo y sucesión de relaciones presentes en el interior del hombre, por tal motivo el Tiempo es una realidad subjetiva pero posee un carácter objetivo sólo cuando se le considera en relación con los fenómenos u objetos presentados ante los sentidos (Kant, 2005).

Lo anterior trae como consecuencia la idea de un Espacio y un Tiempo contenedores de todas las cosas existentes en el mundo, en tanto un objeto existe sólo si es posible determinar dónde, cuándo y qué tanto ha existido. Luego, nada material, ni ningún



Figura 8. El Grabado *Flammarion* representa un hombre tratando de observar por fuera del Espacio y del Tiempo las cosas que para Kant no pueden ser conocidas por ser externas al mundo y al hombre (Artkinson, Hall, Landau, Szudek, & Tomley, 2011).

fenómeno sensorial puede existir por fuera del Espacio y del Tiempo pues son ellos las condiciones necesarias para experimentar las cosas materiales del mundo, así como ningún concepto, intuición o idea puede existir por fuera del ser humano (Figura 8). Tratar de entender cosas o ideas por fuera del hombre o del Espacio y del Tiempo, como por ejemplo la existencia de Dios, sería imposible e inoficioso debido a que no habría experiencias o ideas a priori que permitieran conocer tales objetos, por lo

que este tipo de pensamiento se convierte en una trampa que evita obtener conocimiento sobre el mundo (Artkinson, Hall, Landau, Szudek, & Tomley, 2011). Así Kant (2005) define, a través del Espacio y el Tiempo, límites muy rígidos para el conocimiento humano al depender éste únicamente de las cosas o fenómenos abarcados por el Espacio y el Tiempo, por la sensibilidad y por el entendimiento de las personas, en otras palabras, el conocimiento sobre el mundo es un conocimiento subjetivo subordinado a la misma condición humana, aunque se posean algunas intuiciones a priori pertenecientes al entendimiento de cualquier persona. Así, las ideas presentadas en este apartado se resumen en la Tabla 3:

**Tabla 3. Modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo desde la Filosofía Moderna.**

PENSADOR	IDEA DE ESPACIO	IDEA DE TIEMPO
René Descartes (s. XVIII)	Su <i>tridimensionalidad</i> está determinada por la <i>extensión</i> de los cuerpos, la cual no permite que se encuentre vacío pues siempre existirán formas así no haya materia. El espacio es un <i>receptáculo continuo</i>	No se aprecia una discusión clara sobre el tiempo.
John Locke, David Hume (s. XVII - XVIII)	Se percibe a través de la visión y el tacto, haciendo uso de la medición de <i>distancias</i> entre objetos. Esto da cuenta de <i>figuras</i> y <i>lugares</i> .	Se determina a partir de la <i>sucesión</i> y <i>duración</i> de los eventos, pues es una idea <i>abstracta</i> .
Immanuel Kant (s. XVIII - XIX)	<i>Contenedor</i> de todos los objetos sensibles, por lo que le otorga <i>figuras</i> y <i>magnitudes</i> a dichos cuerpos.	Es lineal y esta característica permite hablar de <i>simultaneidad</i> y <i>sucesión</i> .

Esta revisión de las ideas del Espacio y el Tiempo desde el trabajo efectuado por diferentes pensadores en el campo de la filosofía, brinda un primer acercamiento a la extensa diversidad conceptual y epistémica de tales conceptos, puesto que es posible apreciar no solo la trascendencia que han tenido en las teorías sobre el conocimiento, sino también la gran variedad de significados que se les han dado a lo largo de la historia, según los diferentes modos de pensar dependientes de las épocas, los contextos socio-culturales, las necesidades intelectuales de cada autor y los complejos modos de hablar que entraban en juego durante sus elaboraciones discursivas, todo ello conjugado con el fin de reconstruir el mundo a veces desde lo concreto, a veces desde lo racional y abstracto, pero siempre desde la condición humana y de la interacción constante con los demás y el entorno.

De esta manera, el Espacio y el Tiempo podían tomar la forma de dioses mitológicos responsables de la existencia de los demás objetos en el universo, pero luego empezaron a pensarse como entidades cada vez más abstractas sin dejar de lado lo concreto, por lo que las discusiones se centraban en tratar de comprender sus relaciones, diferencias, orígenes y cualidades, las cuales para algunos involucraban ideas como las de infinitud, indeterminación, neutralidad, continuidad, vacío, etc., mientras que para otros se correspondían con ideas contrarias como las de finitud, homogeneidad, plenitud, entre otras. Esto sin contar con las disertaciones en torno a la topología y formas del Espacio y el Tiempo donde entran en juego la linealidad, la bidimensionalidad, la tridimensionalidad o la ausencia de cualquier forma a la hora de pensarlos.

Las significaciones dadas a los conceptos de Espacio y Tiempo no sólo se aprecian acompañadas por modos de hablar escriturales, representados en manuscritos, obras y artículos de los autores, sino que también se han manifestado a través de modos de hablar gráficos, como se trató de ilustrar con algunas pinturas artísticas elaboradas por pintores reconocidos que no necesariamente pertenecieron a la época en la que se formularon dichas teorías, pero que también aportan una nueva mirada a los conceptos de Espacio y Tiempo. Así la discusión podría continuarse indefinidamente a partir de las obras de pensadores contemporáneos como Friedrich Nietzsche, Henri Bergson, Edmund Husserl, Bertrand Russell, Martin Heidegger, entre otros, cuyos aportes en este campo también han enriquecido notablemente los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo, sin embargo, es conveniente concluir aquí este apartado para dar paso a otros modos de hablar igualmente importantes pero que tuvieron lugar en la labor científica principalmente de la Física. En este aspecto, las ideas anteriormente citadas se hacen necesarias en tanto fueron las que alimentaron gran parte de los trabajos de reconocidos físicos del siglo XVII en adelante y que al final serían el sustento teórico de las propuestas actuales surgidas en torno a las ideas del Espacio y el Tiempo.

### **2.3 Los Conceptos de Espacio y Tiempo en el ámbito de la Física**

La construcción de los conceptos de Espacio y Tiempo en la Física, no hubiese sido posible sin los aportes realizados desde la Filosofía y desde el campo de la Astronomía, pues desde

épocas antiguas, estas ramas del saber han facilitado la tarea de estructurar dichos conceptos, mostrando así que tanto el Tiempo como el Espacio absolutos pierden total validez en los sucesos observables, los cuales dan cuenta de un universo dinámico (Avila-Reese, 2008). Por tal razón, a continuación se discutirán algunas ideas importantes desprendidas del campo de la Física Clásica y Moderna en torno a los conceptos de Espacio y Tiempo, pues son ellas las que conforman los pilares de los imaginarios contemporáneos de dichos conceptos.

### 2.3.1 La Física Clásica y las ideas de Espacio y Tiempo

El Espacio y el Tiempo no sólo fueron primordiales para ciertas culturas antiguas que trataron de darles sentido a través de la experiencia mediada por la observación del cielo, sino que también han sido esenciales en la construcción del conocimiento científico, en tanto son conceptos fundamentales sobre los cuales se apoyan los demás conceptos, teorías y postulados de la Física. Sin embargo, en este campo del saber, tales conceptos tampoco han sido inmutables pues las épocas, los ideales, las creencias teológicas, los avances tecnológicos y los hallazgos producto de una observación cada vez sofisticada sobre el entorno, han generado nuevos interrogantes e impulsado nuevos modos de pensar que le han dado a estos conceptos un carácter cada vez más abstracto y complejo.

En esta labor de conceptualización del Espacio y el Tiempo, los trabajos de Galileo Galilei (1564 – 1642) e Isaac Newton (1642 – 1727) aportaron enormemente a su estructuración, pues como muestra Jammer (1954) a partir de ellos establecieron los principios causales de la teoría del comportamiento inercial de los cuerpos, otorgándoles una propiedad absoluta (Jammer, 1954), en la que Espacio y Tiempo definen los movimientos de los cuerpos materiales, pero estos últimos no pueden afectar de ninguna manera a los primeros. La teorización llevada a cabo por Galileo y Newton sobre el Espacio y el Tiempo, se basa en la aplicación de un aparato matemático y de leyes fundamentales que no pueden ser comprobables experimentalmente, pero que constituyen *axiomas* a partir de los cuales se deducen los principios del movimiento de los cuerpos (Jammer, 1954); esto da cuenta de un modo de pensar abstracto que les permitió a Galileo y a Newton establecer otros modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo, aunque ello no

implica que sus pensamientos no hayan sido permeados por consideraciones teológicas, por ejemplo.

Para Newton (1934), el Espacio y el Tiempo son *absolutos*, es decir, no poseen relación ni interacción alguna con los cuerpos materiales del mundo, por lo que siempre se mantienen igual, inmodificables, pues es el Espacio es *estático*, mientras que el Tiempo mantiene su ritmo *constante*. Por tal motivo, Espacio y Tiempo son conceptos matemáticos, con una existencia ontológica “*homogénea, infinita e imperceptible*” (Jammer, 1954), debido a lo cual es necesario medirlos para suplir la imposibilidad de dar cuenta de ellos directamente a través de los sentidos; sin embargo, debido a que son absolutos, las mediciones que hagan diferentes observadores sobre el Espacio y el Tiempo para el mismo fenómeno, deben ser las mismas, por lo que la mecánica newtoniana es invariante frente a las transformaciones galileanas que se dan al pasar de un sistema de referencia inercial a otro. En este sentido, la experiencia sensible sólo posibilita percibir dos cosas: el Espacio Relativo, considerado como la medida del Espacio Absoluto a través de las posiciones de los cuerpos, y la Duración de los eventos o movimientos de los cuerpos, por medio de mediciones como las horas, los días, los meses, etc. (Newton, 1934). El Tiempo Absoluto newtoniano sólo puede ser calculado haciendo uso de la ecuación de corrección para el tiempo aparente en Astronomía, haciendo uso del movimiento de los cuerpos celestes.

Dentro del Espacio newtoniano se encuentran los *lugares* que también pueden ser absolutos o relativos, según si se hallan en el Espacio Absoluto o en el Relativo respectivamente (Newton, 1934). De aquí se desprenden las ideas de movimiento absoluto y relativo de los cuerpos. Así por ejemplo, los movimientos de los cuerpos vistos dentro de la Tierra se consideran relativos, en tanto ocurren en *lugares relativos* a la Tierra, mientras que el movimiento de la Tierra y de los cuerpos dentro de ella vistos desde el espacio exterior, se pueden asumir absolutos, en tanto el planeta se mueve dentro de un lugar y un espacio que desde la perspectiva newtoniana se consideran estáticos, en relación con las estrellas fijas y con el centro de gravedad del universo (Jammer, 1954). Se aprecia entonces, cómo las ideas de Espacio y Tiempo Absolutos siguen siendo dependientes de las observaciones realizadas sobre el entorno y de las corrientes

filosóficas y teológicas de la época que abogaban por la idea de un universo y hasta de un Dios inmutable y eterno como ya había propuesto Spinoza.

El Espacio y el Tiempo newtonianos poseen entonces una topología euclidiana *continua* que favorece su metrización por medio de coordenadas; así el Espacio y el Tiempo son *homogéneos e infinitos*, con la diferencia de que, como afirma Maravall (2007) el primero es *tridimensional e isotrópico* (es decir, que se perciben de la misma forma cualquiera que sea la ubicación del observador) y el segundo *lineal*, por lo que es posible realizar aproximaciones infinitesimales tanto en el Espacio como en el Tiempo, que permiten establecer las leyes fundamentales del movimiento y con ello predecir la evolución temporal y espacial de un sistema (García M. , 1989; Maravall, 2007). Por ende, los infinitésimos para Newton (1934) son las partes esenciales del Espacio y del Tiempo como el punto en la línea, cuya sucesión da origen a estos conceptos.

A pesar de que la coherencia de la mecánica newtoniana permitió el avance de la Física desde el siglo XVIII en adelante (con trabajos como el de Hamilton o Euler en mecánica clásica), así como el surgimiento de nuevos modos de pensar el mundo representados en las corrientes filosóficas impulsadas por Locke, Hume y Kant, principalmente, los postulados de Newton sobre el Espacio y el Tiempo fueron fuertemente debatidos en la época por personajes como Christiaan Huygens (1629 – 1695), Gottfried Leibniz (1646 – 1716) y George Berkeley (1685 – 1753), entre otros, quienes formularon teorías contrarias a la visión newtoniana sobre el Espacio y el Tiempo, pues en ellas prevalecía el relativismo de estos conceptos, los cuales se consideraban construcciones del hombre sin existencia propia y modificables por medio de los cuerpos materiales (Niño, Herrera, Duque, Pinilla, & Martínez, 2003).

Para Leibniz existen elementos básicos, con existencia metafísica mas no física, que según de la Peña (2005) componen todo lo observado y a los cuales les da el nombre de *mónadas*, unidades fundamentales cuyas relaciones dan origen al Espacio y cuyas sucesiones dan origen al Tiempo, únicamente como constructos del intelecto humano (de la Peña, 2005). Asumiendo las mónadas semejantes y coexistentes, el Espacio toma el carácter de *homogéneo*, pues sin objetos en su interior, dos puntos en el Espacio son

exactamente iguales, sin embargo, para Leibniz esto no tiene sentido en tanto el Espacio no es nada sin los cuerpos materiales (Edwards & Smart, 1964). Algo semejante ocurre con el Tiempo, el cual no podría existir sin el orden sucesivo de las cosas. Desde esta perspectiva, Espacio y Tiempo son conceptos imaginarios que no poseen una existencia propia, por lo que inmediatamente se niega la existencia del vacío; son los cuerpos materiales los que le dan fundamento al Espacio y al Tiempo.

Berkeley, aunque es considerado empirista a diferencia de Leibniz considerado racionalista, también comparte algunos aspectos del pensamiento de Leibniz, en tanto considera que el Espacio y el Tiempo absolutos son simplemente ilusiones, pues carecen de fundamento experimental y sensorial como indica Jammer (1954). Por tal motivo, las distancias, las formas, los tamaños, no pueden ser percibidos a través de los sentidos sino interpretados por la voluntad propia de la mente, sólo es posible percibir las extensiones las cuales al ser abstraídas producen la idea de Espacio (Jammer, 1954). En cuanto al Tiempo, su abstracción por la mente se da gracias a las comparaciones hechas entre los movimientos o los cambios de los cuerpos materiales (Niño, Herrera, Duque, Pinilla, & Martínez, 2003), por ende, el movimiento como una entidad con existencia propia también es inconcebible, pues el movimiento surge en la comparación con otros movimientos. Por eso para Berkeley, las ideas de Espacio y Tiempo tienen su origen en la voluntad de la mente, en tanto no existen causas físicas que los propicien.

Estas discusiones muestran nuevamente cómo los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo propiciados durante el siglo XVIII, son el reflejo de modos de pensar complejos y abstractos en donde las matemáticas y la geometría empezaron a jugar un papel fundamental para su desarrollo, sobre todo en la perspectiva newtoniana. Además, muestran la rivalidad entre las corrientes racionalista y empirista pues para algunos, Espacio y Tiempo son el producto de reflexiones racionales como afirmaba Leibniz, mientras que otros creían en la posibilidad de percibir tales conceptos desde la experiencia directa con el entorno. No obstante, las teorías de Newton prevalecieron durante mucho más tiempo hasta que en el siglo XIX fue necesario re-evaluarlas, para resignificar nuevamente las ideas de Espacio y Tiempo, con base en las observaciones y puntos de vista emergentes durante esta época sobre todo desde el electromagnetismo.

### 2.3.2 Espacio-tiempo: un concepto relativista

La discusión sobre las posturas newtonianas en relación al Espacio y al Tiempo fue retomada nuevamente a principios del siglo XX por físicos como Ernst Mach (1838 – 1916), para quien no es posible la idea de un Espacio y un Tiempo absolutos ya que estos son conceptos metafísicos que deben ser eliminados para el progreso de las ciencias exactas (Jammer, 1954), además refuta su existencia pues no pueden ser absolutos debido a que todas las cosas en el mundo se encuentran *interconectadas* (Mach, 1919). Para el caso del Tiempo, Mach (1919) afirma que este concepto es una abstracción de la mente por medio de la cual es posible percatarse de los cambios de los cuerpos, gracias a sus interdependencias, por ende no puede ser absoluto en tanto ello implicaría que sería un tiempo independiente de los cambios. El Tiempo para Mach (1919) es *irreversible*, siempre fluye en una misma dirección y esto trae grandes consecuencias en la naturaleza, ya que la gran mayoría de los procesos físicos son irreversibles también, prueba de la conexión existente entre Tiempo y fenómenos naturales (Mach, 1919).

El Espacio por su parte, así como los principios de la Mecánica, se establecen en términos de las posiciones y los movimientos relativos de los objetos, fundamentados en bases experimentales (Mach, 1919). El movimiento de un cuerpo cualquiera sólo puede ser determinado en relación con los demás cuerpos que se encuentran alrededor y en relación al *medio* en el que existen (Mach, 1919); este medio es el Espacio y como se aprecia, es un *contenedor* dentro del cual es posible la existencia de los cuerpos, lo cual crea un vínculo entre los cuerpos y el Espacio, imposibilitando la idea de que este último sea absoluto.

Las ideas de un Espacio y un Tiempo relativos como proponía Mach (1919), tuvieron su justificación experimental en los adelantos llevados a cabo en el electromagnetismo a finales del siglo XIX, por físicos como Michael Faraday (1791 – 1867) y James Clark Maxwell (1831 – 1879), quienes propiciaron el surgimiento de la teoría de campos, según la cual las acciones entre cuerpos distantes no se pueden dar instantáneamente como se deduce de las ideas newtonianas de Espacio y Tiempo absolutos, sino que se propagan en el Espacio y toman un cierto Tiempo para transmitirse.

Maxwell inspirado por estas ideas estableció los conceptos de campos eléctricos, campos magnéticos y las cuatro ecuaciones que describen su comportamiento, en función de sus variaciones espaciales y temporales (García M. , 1989), lo que lo llevó a pensar el Espacio y el Tiempo como entidades relativas, afirmando lo siguiente:

*“No podemos describir el tiempo de un evento excepto por referencia a otros eventos, o el lugar de un cuerpo excepto por referencia a otros cuerpos. Todo nuestro conocimiento, sobre el espacio y el tiempo, es esencialmente relativo”* (Jammer, 1954, pág. 138)

Sin embargo, estas ideas condujeron en un principio a pensar la propagación de la luz en términos de ondas transversales que, siguiendo el punto de vista clásico y mecánico, viajaban necesariamente por un medio denominado *éter*. Este concepto proviene del ideal de un Espacio *contenedor* de los fenómenos naturales y aún *absoluto*, pues como establece Pérez & Solbes (2006) para ese entonces era inconcebible proporcionarle al Espacio funciones activas sobre la materia, por ende, debía estar impregnado de una sustancia etérea que interactuara con los cuerpos sin ofrecer resistencia (Pérez & Solbes, 2006), lo que significaba que el Espacio no podía estar vacío. Pero el modelo de Espacio lleno de éter no dio los frutos esperados y tuvo su declive con los experimentos ópticos referentes a la aberración estelar, al coeficiente de arrastre parcial adelantado por Fizeau y al movimiento de la Tierra en el éter, impulsado por Michelson y Morley, los cuales no dieron resultados.

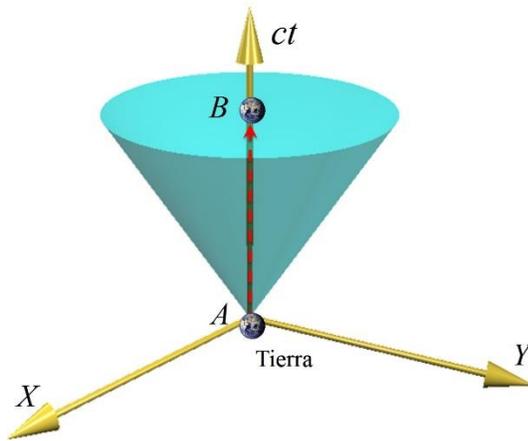
Además, las ecuaciones de Maxwell resultaron ser variantes respecto a las transformaciones de Galileo, es decir, las leyes del electromagnetismo bajo estas condiciones no eran las mismas en cualquier lugar del universo, por lo que si se calculaba la velocidad de la luz en diferentes sistemas de referencia inerciales se encontraba que los resultados no eran iguales, razón por la cual fue necesaria la formulación de las transformaciones de Lorentz, respecto a las cuales las ecuaciones de Maxwell sí son invariantes (Maravall, 2007). El uso de las transformaciones de Lorentz en vez de las de Galileo, trajo otras consecuencias como la constancia de la velocidad de la luz, la contracción de las longitudes espaciales y la dilatación del Tiempo, aspectos que

cambiaron rotundamente los modos de pensar y de hablar sobre el Espacio y el Tiempo (Maravall, 2007).

La Relatividad Especial formulada por Albert Einstein (1879 – 1955) parte de los anteriores postulados y replantea los imaginarios de Espacio y Tiempo propuestos desde la Mecánica Clásica. Si se asume que la velocidad de la luz es la misma para cualquier sistema de referencia inercial, entonces es posible afirmar que el Tiempo no es absoluto, sino que cambia de un observador a otro en movimiento relativo, lo que implica que si para un observador dos sucesos son *simultáneos*, para otro observador que se mueva con una cierta velocidad uniforme con respecto al primero, dichos sucesos ya no serán simultáneos, pues los relojes en movimiento marchan más despacio que en reposo (Einstein & Infeld, 1958). En otras palabras, con la Relatividad Especial el Tiempo pierde el carácter objetivo otorgado por la Mecánica Clásica y se convierte en un Tiempo *subjetivo* pues depende de quien lo mida, por tal motivo, ya no es suficiente medir el Tiempo con un solo reloj, sino que se deben emplear varios relojes, uno por cada observador, en tanto cada uno de ellos da cuenta de tiempos distintos según su estado de movimiento relativo a los demás (Einstein & Infeld, 1958).

En relación al Espacio, la situación es semejante, pues este ya no puede ser considerado absoluto e independiente del movimiento de los cuerpos en su interior, pues cada marco y sistema de referencia inercial lleva asociado un Espacio para sí (Pérez & Solbes, 2006), dentro del cual las medidas de las longitudes son distintas que para otro observador en movimiento relativo. En este sentido, si un observador mide una cierta longitud para un cuerpo dentro de su sistema de referencia, dicha longitud será mayor que aquella longitud medida para el mismo cuerpo por otro observador en movimiento relativo, siempre y cuando mida dicha longitud en la dirección del movimiento. De lo anterior se deduce que si la velocidad de la luz es una constante universal, las longitudes de los cuerpos deben contraerse y los relojes deben marchar distinto para sistemas de referencia en movimiento relativo, donde los efectos serán más evidentes a medida que las velocidades relativas se acerquen a la de la luz; esto implica que Espacio y Tiempo se encuentran interconectados entre sí, son *relativos* y por ende se pueden asumir como una unidad llamada *espacio-tiempo* (Einstein & Infeld, 1958).

El *espacio-tiempo* de la Relatividad Especial se asume como un *continuo* necesario para la predicción de los fenómenos naturales, en donde ya no basta determinar la posición de los objetos sino que además es indispensable indicar el tiempo de ocurrencia, por lo que



**Figura 9.** Cono de luz en donde se representa el movimiento de la Tierra de A a B dentro del continuo cuatridimensional del espacio-tiempo. La flecha roja representa la línea de mundo para la Tierra (*Imagen elaborada por el autor*).

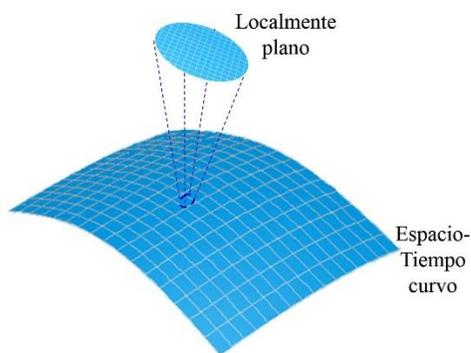
adquiere un carácter *cuatridimensional*. Esta representación del espacio-tiempo fue ampliamente trabajada por Hermann Minkowski (1864 – 1909), para quien el mundo es un continuo cuatridimensional, conformado por *líneas de mundo* las cuales representan el movimiento de los cuerpos (Edwards & Smart, 1964). De esta forma, Minkowski trató de establecer una topología más concreta para el espacio-tiempo, sin embargo, su representación gráfica es complicada, sólo se puede realizar una aproximación a través de *conos de luz* (Figura 9)

en donde el plano XY representa la componente espacial y el eje Z la componente temporal que apunta hacia el futuro, así la superficie del cono representa el límite determinado por la velocidad de la luz que se considera como la máxima velocidad en la naturaleza; dentro del cono tienen lugar los eventos o movimientos con velocidades menores a la de la luz y por fuera se tendría la región hipotética de sucesos que ocurren a velocidades mayores a la de la luz.

En esta representación del espacio-tiempo, la posición de un objeto estará determinada por un punto con cuatro coordenadas (tres espaciales y una temporal) y la sucesión de puntos que indican el movimiento del objeto conforman su línea de mundo. Con ello Minkowski estableció las bases para una nueva geometría del espacio-tiempo, conectando estos dos conceptos de forma inseparable, como lo afirma Morones (2004). No obstante, la transformación rotunda de los modos de pensar el Espacio y el Tiempo o el espacio-tiempo, vendría con la formulación de la Relatividad General de Einstein, pues por medio de ella establecería los vínculos entre Espacio, Tiempo y Materia, en tanto estas tres entidades pueden interactuar mutuamente, alterándose o modificándose entre sí.

La Relatividad Especial funciona muy bien para sistemas de referencia inerciales, pero al abordar el problema de los sistemas no inerciales, como aquellos ligados a cuerpos en movimiento giratorio, es necesario realizar otro tipo de consideraciones que permiten ver de forma totalmente distinta el Espacio y el Tiempo, partiendo de la teoría de campos. En este aspecto fue indispensable la equivalencia entre masa inercial y gravitacional trabajada por Einstein y que al final establecería la equivalencia entre los sistemas de referencia acelerados y los sistemas de referencia sometidos a campos gravitacionales, en otras palabras, es posible afirmar que si existe un marco de referencia con movimiento acelerado para un observador externo al mismo, entonces esto equivale a que en el interior de dicho marco de referencia otro observador asuma que allí existe un campo gravitacional (Einstein & Infeld, 1958). Como consecuencia y siguiendo los postulados de la Relatividad Especial, dentro de un marco de referencia acelerado o sometido a un campo gravitacional, las longitudes de los objetos deben cambiar y los relojes deben marchar más despacio, es decir, un campo gravitatorio debe modificar el Espacio y el Tiempo en sus inmediaciones.

Así, Einstein trató de modelar matemáticamente la compleja estructura del espacio-tiempo con base en una geometría curva Riemanniana (Jammer, 1954; Morones, 2004), en donde la menor distancia entre dos puntos del espacio-tiempo no es una línea recta



**Figura 10.** A escalas cósmicas el espacio-tiempo se aprecia como un campo con geometría curva, aunque localmente se puede considerar plano (Imagen elaborada por el autor).

sino una línea curva llamada *geodésica*. Por consiguiente y como manifiesta Magueijo (2006), el Espacio y el Tiempo ya no se podían regir por la geometría plana euclidiana, sino que ahora debían representarse como un espacio-tiempo *curvo y finito* a escalas cósmicas (Magueijo, 2006), pero que a escalas menores se podía considerar plano (Figura 10). De esta manera formuló las famosas ecuaciones de campo, con las cuales podía deducir las relaciones entre el Espacio, el Tiempo y la Materia, todo esto considerando al espacio-tiempo como una especie

de *fluido cosmológico* conformado por moléculas llamadas *galaxias* (Magueijo, 2006). En este orden de ideas, la materia representada en las galaxias, deforma el espacio-tiempo

curvándolo, pero a su vez esa curvatura espacio-temporal define el modo en que la materia se mueve a través del universo.

No obstante, al dar solución a dichas ecuaciones, Einstein encontró que el universo y por ende el espacio-tiempo, no eran estáticos, el universo se encontraba en expansión. En 1917, decir que el universo o el Espacio no eran estáticos era una gran herejía, estaba en contra de todos los paradigmas cosmológicos y religiosos de la época, ya que se tenía la imagen de un Dios omnipresente e inmutable gracias a su perfección, por ende la naturaleza tampoco debería modificarse (Alcalde, Rojo, & Sequeiros, 2005; Magueijo, 2006); esto llevó a Einstein a cometer su error más grande (Magueijo, 2006) guiado por sus profundas convicciones filosóficas y religiosas: reformular sus ecuaciones introduciendo la oscura constante cosmológica, con el fin de obtener una solución no variable que diera como resultado un universo en reposo (Magueijo, 2006). A pesar de ello, Alexander Friedmann (1888 – 1925), físico ruso que también solucionó las ecuaciones de campo, mantuvo su posición a favor de un espacio-tiempo en expansión, en contra de las “correcciones” de Einstein, arribando así a resultados bastante satisfactorios, pues 10 años después, Edwin Hubble (1889 – 1953) confirmaría su predicción por medio de datos observacionales (Magueijo, 2006). Es así como finalmente se le otorga al Tiempo y al Espacio un carácter relativista y dinámico, en constante interacción con los cuerpos materiales.

La Teoría de la Relatividad de Einstein y el replanteamiento de las ideas de Espacio y Tiempo se convirtieron en el sustento de teorías posteriores sobre dichos conceptos en campos como la Mecánica Cuántica y la Cosmología, aspecto que sigue siendo materia de fuertes debates en las comunidades científicas actuales. Por otro lado, vale la pena destacar el nivel de complejidad alcanzado en la conceptualización del Espacio y el Tiempo gracias a los avances dados desde la Física Moderna y al papel fundamental desempeñado por las matemáticas y la geometría, aspectos que favorecieron la construcción de modos de hablar cada vez más abstractos. Como síntesis, en la Tabla 4 se muestran los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo más destacados en este recorrido por las ideas en el ámbito de la Física.

Tabla 4. Ideas representativas sobre el Espacio y el Tiempo en Física Clásica y Moderna.

PENSADOR	IDEA DE ESPACIO	IDEA DE TIEMPO
Isaac Newton (1642-1727)	El Espacio es <i>absoluto, inmutable, estático, homogéneo, tridimensional, infinito</i> e <i>imperceptible</i> , el cual debe ser <i>medido</i> puesto que no es posible dar cuenta de él a través de los sentidos.	El Tiempo también es <i>absoluto, homogéneo, constante, continuo, infinito y lineal</i> .
Gottfried Leibniz (1646-1716)	El Espacio es <i>homogéneo y relativo</i> a los cuerpos materiales, no puede ser vacío y es un resultado del intelecto humano.	El Tiempo es un constructo humano, producto de las <i>sucesiones</i> de los objetos.
George Berkeley (1685-1753)	El Espacio es una abstracción mental generada desde las percepciones de las <i>extensiones</i> .	El Tiempo surge como un producto de la mente luego de comparar los cambios o los movimientos de los cuerpos.
Ernst Mach (1838-1916)	El Espacio es un <i>contenedor</i> relativo a los movimientos de los cuerpos en su interior.	El Tiempo es relativo a los cambios de los cuerpos, es <i>irreversible</i> y fluye en una sola dirección.
Albert Einstein, Hermann Minkowski, Alexander Friedmann (s. XX)	El Espacio y el Tiempo se conciben como uno solo, el espacio-tiempo, el cual es <i>continuo, finito, cuatridimensional, subjetivo</i> (dependiente del observador), <i>curvo</i> debido a la interacción con la materia y en constante expansión.	

Cabe resaltar aquí cómo la construcción de los conceptos de Espacio y Tiempo se ha constituido en una actividad particular de los grupos humanos, en tanto estos se construyen históricamente, sometiéndolos constantemente a fuertes cambios paradigmáticos, con base en modelos de juicio elaborados por diferentes sujetos con base en distintas concepciones e ideologías (Elkana, 1983). Así, muchos de los planteamientos, teorías o modelos propuestos desde la Física siguen estando impregnados por un espíritu enigmático, guardando aún una especie de misticismo que en últimas podría deberse a las ideologías y creencias de cada quien.

## CAPÍTULO III

# Modos de Hablar y de Pensar en el ámbito de la Enseñanza de las Ciencias

---

*“El lenguaje es el vestido de los pensamientos”*  
Samuel Johnson

Concebir las Ciencias Naturales como un producto de la cultura, como una actividad humana equiparable a la música, al arte, a las letras, a la religión, como un tipo de lenguaje que brinda la posibilidad de imaginar y de crear explicaciones, abre las puertas hacia la reflexión, organización y resignificación del mundo (Elkana, 1983). Es por esto que se hace necesario entender la Ciencia como un lenguaje, una forma de organización del mundo sensible, que ofrece la oportunidad de pensar, reflexionar, conocer y entender los íconos, símbolos y significados de las construcciones humanas, que para Briones (2000) se encuentran fundamentados en todo un sistema de convenciones y de normas (Briones, 2000). De esta manera y como lo proponen Bautista & Rodríguez (1996), es indispensable crear espacios en donde se propicie la construcción del conocimiento, a través del intercambio de ideas y la validación de las explicaciones elaboradas por los individuos (Bautista & Rodríguez, 1996), de modo que el conocimiento se enriquezca desde los intercambios intelectuales llevados a cabo con los demás y se cualifique desde la discusión y la contrastación que se hace desde los diferentes modos de pensar que manifiestan las personas. Es aquí donde *el pensamiento* y *el lenguaje* son herramientas claves que potencian la imaginación, la invención y la creatividad, permitiendo generar conocimiento a partir de los procesos intelectuales y de la interacción lingüística con el otro.

Para el caso de la presente investigación, resulta de vital importancia distinguir cuáles son los *modos de hablar* y por consiguiente, *de pensar*, que manifiestan los estudiantes en torno a los conceptos de Espacio y Tiempo, con el fin de apreciar la riqueza conceptual subyacente a ellos, a fin de obtener una perspectiva distinta sobre su estudio. Por eso se abordarán en este capítulo las implicaciones que tienen los modos de hablar y de pensar de los estudiantes en el estudio de estos conceptos, no sin antes hacer claridad en el

sentido que tienen para este trabajo los términos *concepto*, *diversidad conceptual* y *diversidad epistémica*, dentro del ámbito de la Enseñanza de las Ciencias Naturales.

### 3.1 Los Conceptos en la Enseñanza de las Ciencias

Antes de abordar la diversidad presente en los conceptos de Espacio y Tiempo, es necesario hacer algunas precisiones en torno a lo que significa el término *concepto* y su *diversidad*. Para efectos de esta investigación, los conceptos se asumen como herramientas de conocimiento producto de los modos de hablar y de pensar de las personas, a través de los cuales se logran realizar abstracciones y generalizaciones sobre la experiencia. Los conceptos se constituyen como una de las herramientas de pensamiento más eficaces a la hora de estudiar la complejidad del mundo, ya que contribuyen no solo a darle nombres a los fenómenos observados, sino también a racionalizarlos teniendo en cuenta sus causas y efectos.

Aunque los conceptos son instrumentos que pueden ser usados en investigación, comunicación y enseñanza, tal y como afirman Díez & Moulines (1999) no se debe asumir un nominalismo extremo y reducirlos simplemente a palabras, pues estas no son las únicas formas de hacer referencia al valor epistémico que poseen (Díez & Moulines, 1999), además porque las palabras pueden cambiar drásticamente de un idioma a otro. Existen distintos modos de hablar sobre los conceptos (signos, símbolos, esquemas, ecuaciones, etc.) que permiten de igual forma representarlos y analizarlos, permitiendo con ello distinguir los modos de pensar que entran en juego cuando las personas los emplean para expresar una idea o pensamiento. Es por esto que los conceptos pueden encerrar una gran cantidad de significados sobre los sucesos percibidos desde la experiencia, sin embargo, es necesario reconocer sus límites dentro de un contexto determinado, ya que ninguno llega a reproducir de forma exacta la naturaleza de los fenómenos estudiados, pues los conceptos sólo son aproximaciones parciales de los objetos de conocimiento (Ferrater Mora, 1956).

De esta manera, para Díez & Moulines (1999) es posible considerar los conceptos como construcciones humanas abstractas que permiten conocer el entorno, por lo que sus

significados dependerán de su contexto de uso u origen (Díez & Moulines, 1999). Lo anterior suscita una *diversidad conceptual*, que indica la gran variedad de significados distintos que pueden llegar a tener los conceptos (significados en ocasiones convergentes, en otras divergentes), en tanto cada uno de ellos, cambiante a lo largo de la historia, implica diferentes representaciones de ciertos aspectos de la experiencia o del conocimiento, relacionados con algún objeto o suceso y con un conocimiento singular y contextual que le da su origen (Aguiló, 2009), lo que se ve reflejado a su vez en las diferentes formas de emplear el lenguaje para dar cuenta de tales significados. En este sentido, la diversidad conceptual envuelve además una serie de procesos de negociación y de diálogo (Figura 11) que permiten llegar a consensos entre los integrantes de una comunidad, para así definir qué significaciones de los conceptos de interés son las más adecuadas para comunicarse y trabajar mancomunadamente dentro de un determinado contexto, en tanto que cada significado que pueda llegar a tener un concepto, es producto de la interacción entre múltiples conocimientos y problemáticas que permiten construirlos, reconstruirlos y resignificarlos.

Por tal motivo se propicia además una *diversidad epistémica*, la cual hace referencia a la riqueza de conocimientos implicados en la elaboración de teorías y de conceptos sobre el mundo, conocimientos que también dependen de los contextos de uso, por lo que son susceptibles de ser validados (Barnes & Bloor, 1992), ya que desde esta diversidad no sólo se tiene en cuenta la perspectiva de la cultura occidental o del conocimiento científico como indican Santos, Gutierrez, & Arriscado (2004), sino que también se reconocen otro tipo de saberes igualmente valiosos pero edificados a partir de otros referentes culturales, los cuales brindan alternativas epistémicas, así como otro tipo de experiencias sobre el entorno, experiencias que pueden ser tanto científicas como sociales e históricas (Aguiló, 2009; Santos, Gutierrez, & Arriscado, 2004). Por ende, la diversidad epistémica es una multiplicidad de saberes y de formas de pensamiento (Figura 11) que en conjunto contribuyen a la articulación del conocimiento científico con otras formas de conocimiento, a fin de construir y configurar más y nuevas perspectivas (Santos, Gutierrez, & Arriscado, 2004) sobre los fenómenos de estudio o inclusive, sobre los mismos conceptos, de modo que sean acordes con las necesidades propias de los grupos humanos (Barnes & Bloor, 1992).

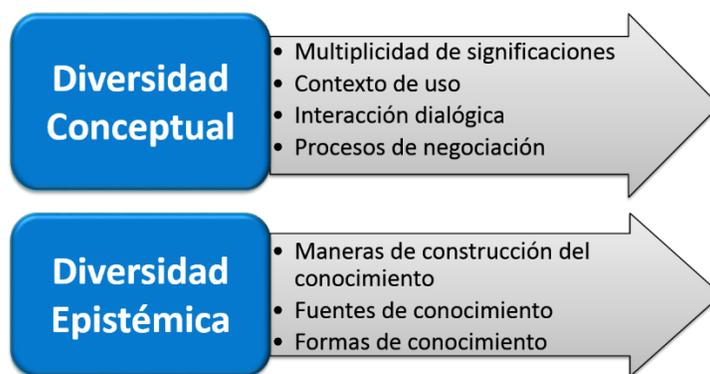


Figura 11. Aspectos relevantes que definen la diversidad conceptual y epistémica (Aguiló, 2009; Díez & Moulines, 1999) (Imagen elaborada por el autor).

Reconocer la diversidad epistémica favorece la creación de espacios de discusión y debate en donde no se impone un determinado conocimiento asumido como “universal”, sino que por el contrario se interrelacionan diferentes miradas, que para Maldonado (2007) permiten generar de manera crítica nuevos cambios en las concepciones acerca del mundo (Maldonado, 2007), sin caer en el relativismo epistémico que reafirma la igualdad entre culturas, pero no facilita el diálogo y la movilización entre ellas (Santos, Gutierrez, & Arriscado, 2004); al respecto, Aguiló (2009) presenta la siguiente reflexión:

*“...la diversidad epistemológica del mundo es potencialmente infinita. Existe una «pluralidad infinita de saberes» (Santos, 2008a: 27) que forma parte de la diversidad e «infinitud de la experiencia humana» (Santos, 2008a: 21), que en su totalidad tiene un carácter inagotable e inabarcable... (Por tal razón) todas las formas de conocimiento son válidas y respetables. La eliminación de jerarquías epistémicas abstractas y absolutas no implica caer en el relativismo epistémico, sino reivindicar la relatividad del conocimiento” (Aguiló, 2009, págs. 18-19)*

En otras palabras, la elaboración de un concepto que da pie a la construcción de conocimiento, no se puede considerar como el producto de la labor que han realizado ciertas personas a la luz de un solo tipo de conocimiento, ya sea científico, filosófico, artístico, entre otros. Dicha construcción depende de la diversidad epistémica, es decir, depende de la pluralidad de saberes, de su distribución y de las maneras en que van

cambiando (Barnes & Bloor, 1992), lo cual es propiciado por las distintas imágenes y fuentes legitimadas de conocimiento (Figura 11) que se tengan en una determinada época, lugar o grupo cultural, de los valores culturales y de las normas ideológicas que determinan la estructura filosófica, epistemológica y metodológica del trabajo de las personas (Elkana, 1983).

En el ámbito de la Enseñanza de las Ciencias, la construcción de conceptos y de sus significados adquiere especial importancia puesto que estas herramientas contribuyen a la comprensión y al entendimiento de ciertas situaciones y fenómenos naturales, así como a la construcción de conocimiento escolar, que le permite a los estudiantes estructurar modos de pensar con los cuales logren solucionar problemas y formular explicaciones, descripciones y justificaciones (White & Gunstone, 1992). En este proceso de elaboración de conceptos que promuevan la comprensión del entorno y la generación de conocimiento, resultan indispensables la experiencia cotidiana o escolar, los razonamientos de tipo cualitativo que conduzcan a los de orden cuantitativo y la reflexión constante sobre el propio conocimiento (Dewey, 1910; White & Gunstone, 1992), ya que para entender un concepto no basta simplemente con memorizar la definición que ofrecen los libros de texto, sino que es necesario además vivenciar o imaginar sus implicaciones, sus significados, sus consecuencias y asimismo construir un sistema de relaciones o de conexiones, donde el conocimiento acerca de un determinado concepto se extienda o se reorganice, considerando a la vez otro tipo de referentes que puedan ser vinculados al conocimiento científico.

Por lo anterior, la construcción de conceptos es un proceso prolongado y continuo en el que la escuela juega un rol esencial, en tanto la interacción con los demás, las discusiones en clase guiadas por los docentes y los problemas propuestos en el aula, favorecen la ampliación de la experiencia, el refinamiento de las representaciones, la creación de nuevos vínculos y en definitiva la construcción de más conocimiento. Es por esto que, como indican White & Gunstone (1992) la comprensión de un concepto nunca es completa, ya que siempre se tendrán elementos que potencien estos procesos y que abran la mente de los educandos a nuevas ideas y saberes (White & Gunstone, 1992).

### 3.2 Los modos de hablar como reflejo de la cultura y del pensamiento

Los procesos de construcción del conocimiento se constituyen como actividades sociales vinculadas a la educación, la cual debe tener entre sus finalidades el permitirle a los estudiantes conocer las elaboraciones realizadas sobre el entorno, así como crear los instrumentos tanto teóricos como prácticos que permitan formar a los educandos como ciudadanos, enriqueciendo los valores humanos de su contexto, productos de toda una tradición y una historia propias. Debido a lo anterior, el lenguaje y los *modos de hablar*, es decir, las maneras como se utiliza el primero para relacionarse con el entorno (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990), se constituyen en instrumentos fundamentales para la organización de estructuras mentales, no sólo simples sino también abstractas (Glaserfeld, 1996).

El lenguaje, como afirmaba Popper (1983) permite criticar, debatir, argumentar y describir ideas y sensaciones, tener conciencia más plena del Tiempo y del Espacio, formular preguntas, así como afianzar el conocimiento (Popper, 1983). Desde esta perspectiva, tanto el lenguaje como los modos de hablar cumplen funciones de expresión, funciones comunicativas, descriptivas, argumentativas (Popper, 1983) y hasta interpretativas, fundamentales en los procesos de construcción del conocimiento y de resignificación del mundo. Una persona logra *expresar* y *comunicar* sentimientos e ideas empleando modos de hablar relativamente simples como gestos y frases, sin embargo, a medida que su experiencia con su entorno aumenta, así como las interacciones con los demás, empiezan a hacerse necesarios modos de hablar cada vez más complejos que le permitan al individuo *describir* cómo transcurrieron hechos de su vida pasada, *argumentar* el porqué de la toma de ciertas decisiones, e *interpretar* las acciones y los modos de hablar de los otros para lograr una comunicación efectiva y coordinar acciones colectivas. No obstante, estas funciones tienen éxito en tanto se desarrollen dentro de ciertos contextos particulares donde los modos de hablar tienen su origen, ya que no se pueden considerar como universales; todos se desenvuelven en escenarios donde subyacen convenciones culturales, tradiciones históricas e intereses comunes, que van moldeando las formas en que las personas se expresan.

En este orden de ideas, el contexto socio-cultural influye fuertemente los modos de hablar, los cuales se amplían desde la experiencia y la interrelación con otras personas, resultando de esta manera impregnados por componentes ideológicos, así como por expectativas e intereses particulares de cada individuo, los cuales condicionan los modos de pensar, manteniendo una relación bidireccional en donde tanto los modos de hablar como los modos de pensar se influyen mutuamente (Figura 12).



**Figura 12.** Los modos de hablar condicionan los modos de pensar, pero a su vez los modos de pensar influyen los modos de hablar (*Imagen elaborada por el autor*).

Los modos de hablar no pueden ser comprendidos inmediatamente por aquellos que no comparten el ambiente de las relaciones propiciadas dentro de un mismo grupo cultural o social. De esta manera se generan diferentes modos de hablar, por lo que al hacer referencia a ellos, no solo se debe pensar en las formas escriturales (textos, libros, artículos, etc.) y orales (exposiciones, discursos, cantos, etc.), sino que se debe tener en cuenta también otro tipo de expresiones como gestos faciales, movimientos de las manos, posturas corporales, dibujos, esculturas, fotografías, películas, bailes, entre otras. En últimas, cualquier representación que involucre un significado previamente convenido (Dewey, 1910) y que además sea empleada para comunicar y debatir ideas, corresponde a un modo de hablar. Lo anterior conlleva a pensar el diálogo como base para fomentar la habilidad de los estudiantes de construir, refutar y reconocer argumentos coherentes. Luego, los modos de hablar deben emplearse como herramientas para promover el conocimiento y los modos de pensar (Dewey, 1910), sin dejar de lado el contexto en el que se desenvuelven las personas, con el objetivo de entender los significados de sus modos de hablar.

### 3.3 Los modos de pensar como elementos potenciadores en la construcción de conocimiento

Si bien los modos de hablar reflejan aspectos subyacentes al contexto cultural en el que se encuentran inmersos los estudiantes, además de las formas de interrelacionarse con su entorno y con los demás, también permiten apreciar sus *modos de pensar* ante ciertas situaciones. Estos modos de pensar se asumen como las formas en que la persona usa sus capacidades intelectuales para resolver problemas, para aprender nuevos significados o para producir ideas y conocimientos, ya sea desde la observación directa o desde la interacción lingüística con los otros. Así, el uso de los modos de pensar no se limita a actividades netamente académicas, sino que estos se pueden emplear también en actividades del diario vivir o en el aprendizaje de saberes cotidianos. Los modos de pensar se ven influenciados por factores no solo psicológicos y biológicos, sino también por hechos culturales, los cuales van configurando la experiencia, transformándola en conocimiento a través del lenguaje (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990). En este orden de ideas, los modos de pensar permiten reflexionar y organizar las experiencias, para luego comunicarlas y debatirlas con los otros.

Cada persona posee por ende diferentes modos de pensar, los cuales va estructurando a lo largo de toda su vida. Sin embargo todos ellos comparten algo en común: ningún modo de pensar surge espontáneamente, su desarrollo sigue un proceso en el que el pensamiento se fundamenta en *modos concretos* para dar paso a *modos abstractos* y para ello debe existir una duda o discrepancia que demande su solución, confirmando o descartando una posible creencia (Dewey, 1910; Nicol, 1955). Los modos de pensar concretos dependen fundamentalmente de la experiencia del individuo, la cual le permite asociar hechos pasados con sucesos del presente, sin recurrir a ninguna ley o principio (Dewey, 1910). Una persona que desea calentar una cierta cantidad de agua en el menor tiempo posible, sabe por experiencia que para ello es necesario usar una olla metálica y una estufa que le proporcione una llama intensa que caliente el agua muy rápido, sin embargo, no es necesario que la persona conozca la teoría acerca del calor o del comportamiento térmico de los materiales, pues sólo requiere de su experiencia y de un pensamiento pragmático para usar la olla y la estufa adecuadamente. En el caso de la

Enseñanza de las Ciencias, los estudiantes pueden estar empleando este modo de pensar cuando tratan de resolver un problema numérico, medir distancias y tiempos con reglas y relojes o al manipular cualquier otro instrumento de laboratorio para la toma de datos. Lo anterior junto con la interacción con otras personas e inclusive el deseo por conocer más acerca del porqué de las cosas, son los primeros elementos que le permiten al estudiante construir una serie de ideas elementales sobre los objetos que lo rodean. Así es posible evidenciar cómo los estudiantes llegan al aula con una gran diversidad de ideas con respecto a los conceptos científicos, los cuales son asociados a hechos familiares sin preocuparse por indagar y pensar su significado.

Es por medio de los ejercicios de discusión que los modos de pensar abstractos se van configurando, pues gracias a la interacción lingüística con el otro y a los procesos de representación, el estudiante reorganiza, reestructura e interrelaciona sus ideas para construir una serie de conceptos, que probablemente le permitirán formular proposiciones, conclusiones y algunas generalizaciones, llegando así a comprender a partir de símbolos y representaciones, características esenciales de los objetos o sucesos. De esta manera y a medida que los estudiantes avanzan en su vida escolar, van construyendo, organizando y relacionando una gran cantidad de conceptos que favorecen su comprensión del entorno.

No se quiere decir aquí que los modos de pensar se den de un modo lineal, pues se considera que los modos de pensar se van cimentando a lo largo de todo el proceso educativo de diversas formas. Esto no implica que todos los educandos desarrollen los mismos modos de pensar de igual manera, pues ello dependerá del contexto cultural, de los intereses personales y hasta de factores biológicos. En este sentido, los modos de pensar requieren de un largo y continuo proceso de aprendizaje para ser estructurados, pues la experiencia y los conceptos construidos durante el proceso tienen el propósito de contribuir a la investigación, la especulación y en últimas a la generación de conocimiento (Dewey, 1910). Por tal motivo es necesario que desde la Enseñanza de las Ciencias se indaguen y se potencien los modos de pensar y de hablar de los educandos, a fin de incentivar la curiosidad, la imaginación y el diálogo en torno a ciertos conceptos o fenómenos de estudio.



# CAPÍTULO IV

## Referentes Metodológicos

---

*“No hay enseñanza sin investigación ni investigación sin enseñanza.”*

*Paulo Freire*

A fin de dar cuenta de la diversidad conceptual y epistémica de los conceptos de Espacio y Tiempo, se llevó a cabo un trabajo investigativo que contempló dos campos de acción. Por un lado se realizó una *investigación documental* que permitió recolectar, organizar e interpretar la información referente a los posibles significados de estos conceptos, con el objetivo de reconstruir el conocimiento subyacente a partir del análisis y las reflexiones sobre las fuentes documentales (Cortés & García, 2003; Gómez, 2010). Se emplearon para ello fuentes primarias de análisis como documentos históricos, libros, artículos, revistas, monografías, tesis, etc., publicados tanto en papel como en medios magnéticos y que circulan al interior de los grupos académicos de investigación. Por medio de esta documentación fue posible dar cuenta de las diversas acepciones de los conceptos de Espacio y Tiempo en ámbitos como las Ciencias Naturales, la Filosofía, el Cognitivismo y la Pedagogía tal y como se expuso anteriormente (Capítulos I y II). Para esta labor también se tuvieron en cuenta fuentes secundarias como los comentarios o interpretaciones de otros autores sobre las fuentes primarias y la consulta a otros docentes con formación en las áreas de interés.

Por otro lado, el trabajo de campo se desarrolló bajo la perspectiva de la *investigación cualitativa*, siguiendo un enfoque descriptivo e interpretativo (Guba & Lincoln, 2002; Hernández, Fernández, & Baptista, 2006), ya que esta permitió no solo orientar la pregunta de investigación, sino también reflexionar sobre los testimonios y el trabajo realizado, para abrir nuevos caminos que estructuraran mejor la propuesta, a través del planteamiento de nuevas estrategias que dieran cuenta del problema de investigación. Esta actividad investigativa favoreció la descripción de las actividades y los puntos de vista de los individuos, resaltando los momentos más significativos de la experiencia, para ser interpretados posteriormente a partir de la contrastación (Gürtler & Huber, 2007) de los diversos modos de hablar de los participantes. Con base en lo anterior se discutieron

relaciones que ayudaron a formular algunas categorías de análisis que le dieron sentido a los testimonios desde una perspectiva subjetiva, en la que entraba en juego el rol como observador, investigador y participante, en tanto siempre se mantuvo una interacción directa con los estudiantes (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006).

Así se realizó un *estudio de caso*, ya que se buscaba explorar y describir las relaciones existentes entre los modos de hablar de los estudiantes y la diversidad conceptual y epistémica de los conceptos de Espacio y Tiempo. El estudio de caso trajo grandes ventajas puesto que favoreció el trabajo interdisciplinar, por medio de la convergencia de distintas miradas profesionales, dentro de un marco limitado a una población específica, en donde la información obtenida se estudió mediante tablas de análisis (Barrio del Castillo, y otros, 2010; Ceballos-Herrera, 2009; Martínez, 2006).

#### **4.1 Contexto y población objeto de estudio**

La propuesta de aula se implementó con un grupo de 30 estudiantes del Gimnasio San Angelo (sede campestre), ubicado en la localidad de Usaquén, al norte de la ciudad de Bogotá. Sus edades oscilan entre los 10 y los 15 años y se encuentran en el nivel medio de secundaria (grados de 6º a 10º). Estos educandos pertenecen al Club de Astronomía Balam creado al interior del colegio y participan voluntariamente de sus actividades. La escogencia de este grupo de jóvenes, se debe a dos razones: 1) el gran interés que manifiestan por el estudio de la Astronomía y 2) la no existencia de condicionamientos de tipo evaluativo y curricular. El trabajo realizado en el aula también contó con el apoyo de docentes de las áreas de Educación Física, Sociales, Filosofía, Matemáticas y Física de la institución, quienes aportaron a las actividades y a las discusiones de clase favoreciendo así la ampliación de la experiencia y el enriquecimiento de los puntos de vista tanto de estudiantes como de maestros.

El Gimnasio San Angelo se constituye como una institución educativa privada de corte católico que ofrece sus servicios educativos a jóvenes de estratos socio-económicos 4, 5 y 6. La misión, la visión y el Proyecto Educativo Institucional (PEI) del Gimnasio San Angelo, apuntan hacia la formación integral de sus estudiantes, promoviendo la

enseñanza y el aprendizaje del ser, saber, hacer y emprender, desde la innovación pedagógica de las prácticas educativas del grupo de maestros. De este modo, se pretenden desarrollar competencias a nivel social, académico y laboral, garantizando un proceso de enseñanza-aprendizaje más significativo. De este modo, se desarrolló el trabajo en un entorno académico en donde se busca presentar la Astronomía como una empresa humana, desde los puntos de vista científico, filosófico y social, a fin de generar conciencia sobre la importancia de elaborar explicaciones de los fenómenos observados en el universo y que afectan la actividad humana.

## **4.2 Incursión preliminar en el aula**

Antes de realizar la implementación de las actividades y los instrumentos de recolección de la información en la población objeto de estudio, se decidió ejecutar una prueba piloto con dos grupos de estudiantes de bachillerato pertenecientes a los centros educativos Instituto Técnico Comercial Pitágoras e IED Francisco de Paula Santander, ambos grupos bajo la orientación del docente de química Armando Herrera. El primero es un centro educativo de carácter privado ubicado en la localidad 17 de Candelaria, el cual atiende a una población estudiantil de estratos socio-económicos 1, 2 y 3, en jornada única; el segundo es un colegio distrital ubicado en la localidad 15 de Antonio Nariño, que brinda sus servicios educativos a jóvenes de estratos socio-económicos 1, 2 y 3, en jornada mañana y tarde, sin embargo, en la realización de esta prueba piloto sólo se tuvo en cuenta un grupo de educandos de la jornada tarde.

El objetivo de la prueba era distinguir ciertas características, congruencias y/o diferencias de los modos de hablar empleados por dichos estudiantes al momento de referirse a los conceptos de Espacio y Tiempo, para de este modo identificar los aspectos con los cuales relacionan sus significados, los contextos de uso que entran en juego en sus modos de hablar y los vínculos que podían tener con sus edades o su entorno socio-cultural, lo cual favoreció el diseño de la propuesta de aula, su fundamentación y la consideración de ciertos factores que no habían sido contemplados en un principio. De esta manera se aplicó un cuestionario de 4 preguntas a 30 estudiantes de cada uno de los colegios (5 estudiantes por cada nivel desde 6° hasta 11°), para un total de 60 estudiantes.

Las preguntas eran abiertas y no se encontraban ligadas a ninguna situación específica, esto con el fin de no limitar las respuestas de los estudiantes y que ellos lograran pensar en diferentes posibilidades según sus experiencias y conocimientos. Así se les solicitó a los estudiantes lo siguiente:

- 1) Escriba una frase cotidiana donde use la palabra espacio
- 2) Escriba una frase cotidiana donde use la palabra tiempo
- 3) Escriba una frase cotidiana donde use la palabra espacio-tiempo
- 4) Realice un dibujo donde ilustre mejor estas ideas

Con ello se esperaba evidenciar ciertos modos de hablar de los estudiantes sobre el Espacio y el Tiempo, no sólo a nivel escrito sino también gráfico, de tal forma que fueran más fáciles de apreciar las ideas de los educandos. Nótese que en el tercer ítem se hace la pregunta en términos del espacio-tiempo, asumiéndolo como una sola entidad de modo relativista; la intención era tratar de evidenciar si los estudiantes por algún tipo de experiencia, manifestaban algún modo de hablar referente a este concepto o si por el contrario consideraban los conceptos de Espacio y Tiempo por separado, lo cual fue indispensable para definir cómo comprender dichos conceptos en la propuesta. Los testimonios recolectados se organizaron en tablas de análisis, en donde se consignaron los testimonios más representativos de cada colegio. Así para el Instituto Técnico Comercial Pitágoras se encontró que en la mayoría de casos, las frases y los dibujos se encuentran asociados a la experiencia diaria de los estudiantes (en adelante Est.), principalmente en el colegio y en la casa (Tabla 5).

En cuanto al Tiempo, estudiantes de todos los niveles educativos coincidían en que este siempre está *corriendo* y que es *corto* (Est. 1, 4, 5, 6, 7 y 9) por lo cual sugerían que debía ser aprovechado mejor, refiriéndose a actividades diarias más productivas, tal vez como estudiar, leer, trabajar, etc. Aquí surge una metáfora espacio-temporal en tanto se le asocia un tipo de tamaño al Tiempo, por lo que puede ser *corto* y *finito*, puesto que para algunos estudiantes puede acabarse en cualquier momento. Además, se le asocia con una especie de movimiento pues el Tiempo siempre avanza sin detenerse, caracterizándolo así como un *tiempo pasajero*. Esto puede deberse a las dinámicas que se dan al interior del aula, en

donde se le asigna un cierto Tiempo a las clases o a las actividades que ellos deben desarrollar. Otros por su parte asocian el Tiempo con las *condiciones climáticas* dándole un carácter de bueno (día soleado) o malo (día lluvioso) (Est. 2), mientras que algunos formulan preguntas con las que indican el *carácter métrico* del Tiempo a través de su medición por medio de los relojes (Est. 3).

En relación con el Espacio sucede algo semejante, pues estudiantes de todos los niveles también afirmaban que el Espacio era *reducido, pequeño o corto*, lo cual se encuentra asociado con la experiencia de los estudiantes en *espacios físicos o públicos* que frecuentan diariamente como la casa, el colegio, el bus, etc., ocupados a su vez por diferentes personas y objetos, en donde a mayor número de estos, más reducido será el Espacio. Lo anterior permite pensar el Espacio como un *contenedor* en donde se encuentran diferentes cuerpos y cuyo tamaño original puede ser el mismo siempre, pero en presencia de muchos objetos da la percepción de una notable reducción en su volumen. Nótese que las frases de los estudiantes siempre se encuentran en relación con el lugar que ellos ocupan en los espacios cotidianos y con otros aspectos de su vida en relación con la interacción con los demás.

Los dibujos de los estudiantes que se constituyen también como modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo, muestran otro tipo de ideas sobre los mismos que no son evidentes en las frases escritas. Así, por medio de los dibujos los educandos no sólo ilustran las ideas anteriormente discutidas sino que también presentan otro tipo de comprensiones acerca del Tiempo, pues este es concebido como una *sucesión* de eventos cotidianos, ya que es posible identificar un antes y un después (Est. 1, 4 y 8).

Tabla 5. Testimonios de los estudiantes del Instituto Técnico Comercial Pitágoras.

Est.	Curso	Frase Tiempo	Frase Espacio	Frase espacio-tiempo	Dibujo
1	6°	<i>“Nosotros debemos aprovechar el tiempo antes de que se acabe.”</i>	<i>“Cada vez nuestro espacio disminuye y las personas aumentan.”</i>	<i>“Nuestro espacio en el mundo disminuye con el tiempo.”</i>	
2	6°	<i>“Hace mal tiempo.”</i>	<i>“Hay poco espacio en el bus.”</i>	<i>“Hay mucho espacio pero poco tiempo para jugar.”</i>	
3	7°	<i>“¿Qué horas son para la clase?”</i>	<i>“Hay poco espacio en la casa.”</i>	<i>“El espacio y tiempo de nuestra vida.”</i>	
4	9°	<i>“El tiempo está corriendo.”</i>	<i>“Acomódese que no hay espacio.”</i>	<i>“El espacio y el tiempo siempre disminuye.”</i>	
5	9°	<i>“El tiempo perdido lo lloran los santos.”</i>	<i>“El espacio es de todos.”</i>	<i>“Este es el espacio para aprovechar el tiempo.”</i>	

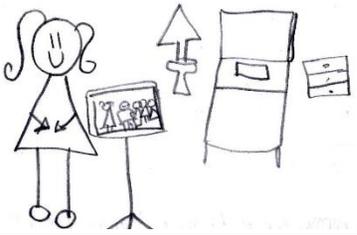
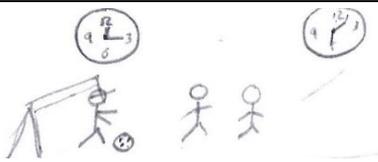
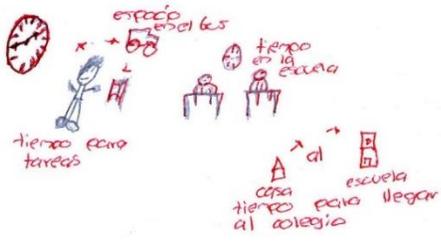
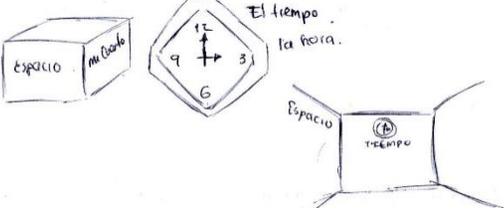
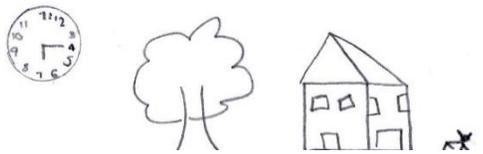
Est.	Curso	Frase Tiempo	Frase Espacio	Frase espacio-tiempo	Dibujo
6	10°	<i>"Todavía hay tiempo para hacer algo."</i>	<i>"El espacio es muy pequeño."</i>	<i>"El tiempo es relativo depende de lo que estés haciendo y depende de con quién compartes el espacio."</i>	
7	10°	<i>"Por favor deme más tiempo para presentar el trabajo."</i>	<i>"Déjeme un espacio para poder acomodarme."</i>	<i>"Dame más tiempo, no tengo espacio suficiente en mi cuaderno."</i>	
8	11°	<i>"Hay que dar tiempo al tiempo."</i>	<i>"Hay que saber ocupar bien el espacio y que el espacio no lo ocupe a uno."</i>	<i>"El espacio necesita del tiempo porque el tiempo se forma con el espacio."</i>	
9	11°	<i>"Queda poco tiempo de clase."</i>	<i>"Este espacio tiene mucha tensión."</i>	<i>"Ud tiene arto espacio y acomódese rápido que queda poco tiempo."</i>	

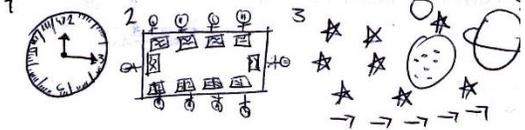
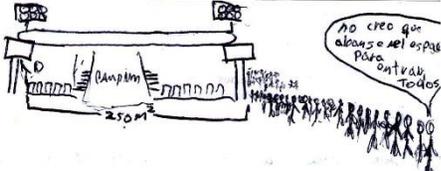
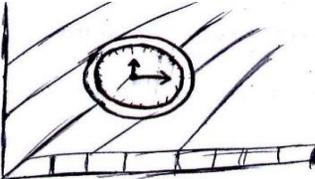
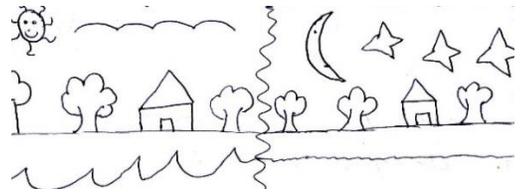
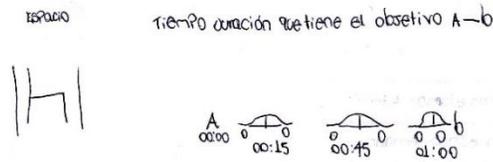
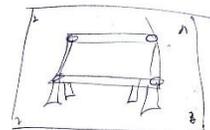
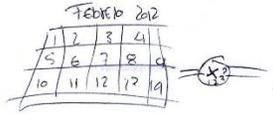
Es recurrente además encontrar en casi todos los dibujos imágenes de relojes lo cual reafirma la idea de un *tiempo medible*, sobre todo cuando dibujan relojes que marcan la hora de entrada o salida del colegio, o la hora de descanso, puesto que al parecer son *momentos o instantes* importantes en la cotidianidad de los estudiantes. Además los relojes siempre se encuentran dentro de los espacios dibujados por los estudiantes, con lo que tratan de establecer algún tipo de relación entre ellos. Los dibujos también hablan de *espacios físicos delimitados*, representados en 2D y a veces en 3D, los cuales casi siempre se encuentran habitados principalmente por personas, incluidos ellos mismos; sólo en algunos casos se muestran espacios ocupados por otros cuerpos como mesas, sillas, camas, animales, etc. (Est. 2, 3, 4, 6, 8 y 9), por cuerpos celestes como planetas, estrellas o galaxias (Est. 1 y 7) o espacios “vacíos” con formas geométricas definidas (Est. 5).

Por su parte, aunque los testimonios de los estudiantes del IED Francisco de Paula Santander comparten algunos modos de hablar con el grupo de educandos anterior, muestran otro tipo de ideas que enriquecieron la experiencia investigativa (Tabla 6). Algunos estudiantes hablan del Tiempo en términos de su experiencia personal con su familia o sus amigos y en términos de las actividades que llevan a cabo en sus casas o en el colegio; estos testimonios permiten hablar de un *tiempo personal* determinado a partir de las acciones que cada uno de ellos realiza personalmente y que les permite recordar eventos del pasado o proyectarlos al futuro (Est. 1 y 2).

Estos estudiantes hablan de un *tiempo pasajero y limitado* en tanto muchos manifiestan la falta del mismo para realizar ciertas actividades en el colegio o recurren a dichos populares, como “*el tiempo se pasó volando*” para indicar de cierta manera que avanza rápida y constantemente. Así el Tiempo en estos testimonios se refleja como un tipo de *bienpreciado*, sobre todo cuando indican que “*el tiempo es oro*”, pues en ocasiones hace falta y es necesario para poder desarrollar las actividades (Est. 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9). También resulta interesante apreciar cómo otros estudiantes no se remiten a la idea de Tiempo en términos de relojes, horas y minutos, sino que hablan de él haciendo referencia a *fechas* o a las *condiciones climáticas*.

Tabla 6. Testimonios de los estudiantes del IED Francisco de Paula Santander

Est.	Curso	Frase Tiempo	Frase Espacio	Frase espacio-tiempo	Dibujo
1	6°	"Hace tiempo no veo a mi familia."	"Yo tengo mi espacio en mi cuarto."	"Tengo espacio para reunirme con mi familia y tiempo para mis amigas."	
2	7°	"¿A qué hora vamos a almorzar?"	"En mi casa hay mucho espacio para guardar cosas."	"Si me dan espacio puedo jugar más tiempo."	
3	8°	"Se me fue el tiempo volando."	"Necesita más espacio mi cuarto."	"Necesito tiempo para cuadrar mi espacio."	
4	9°	"El tiempo es oro."	"No hay espacio en mi cuarto."	"Mi espacio está desordenado y no tengo tiempo para arreglarlo."	
5	9°	"Al tiempo hay que darle tiempo."	"Espacio=Ambiente. Conoce tu espacio para tener un buen ambiente."	"Tiempo y espacio para realizar mi vida."	

Est.	Curso	Frase Tiempo	Frase Espacio	Frase espacio-tiempo	Dibujo
6	9°	"Se pasó el tiempo volando."	"No tengo espacio para escribir."	"Con el tiempo voy a viajar al espacio."	
7	10°	"No me alcanza el tiempo para el trabajo."	"El espacio para jugar es muy limitado."	"En mi colegio no hay ni tiempo ni espacio para jugar fútbol."	
8	10°	"No tengo tiempo."	"Si hay espacio para la ..."	"No tengo tiempo para ocupar ese espacio."	
9	10°	"En el colegio se pasa el tiempo rápido."	"Tengo mucho espacio en mi cuaderno."	"Tengo un espacio muy corto en mi tiempo de vida."	
10	11°	"Todavía estamos a tiempo."	"Abra espacio hermano."	"Abra espacio que estoy corto de tiempo."	<p>espacio      tiempo duración que tiene el objetivo A-b</p> 
11	11°	"Estamos a 23/10/12 Estamos en tiempo lluvioso."	"El espacio es demasiado grande."	"Abra espacio que estoy corto de tiempo."	<p>El espacio que ocupa un área Po</p>  <p>El tiempo determinado la fecha</p> 

El Espacio para estos estudiantes también posee la característica de ser un *contenedor* dentro del cual se guardan cosas, no obstante, se hace más evidente que el Espacio es un *bien* que se posee o se tiene, que es *limitado* sobre todo al *espacio personal* representado por lugares como la habitación, la casa, su puesto en el salón, entre otros. Esta limitación permite pensarlo además como un *espacio reducido* (a excepción de algunos casos) pero que también es necesario para los educandos puesto que es allí donde pueden realizar sus actividades cotidianas tranquilamente, interactuar con los demás y mostrar su personalidad. Los educandos a través de sus testimonios muestran también una relación entre el Espacio y el Tiempo, ya que ambos son indispensables para llevar a cabo sus actividades diarias. Así, en algunos testimonios se aprecia que si el Espacio aumenta el Tiempo para realizar algún tipo de acción, también aumenta o si se cuenta con más Tiempo es posible hacer más cosas en un determinado Espacio.

Como en los casos anteriores, los educandos tratan de representar *espacios personales* en 2D y 3D dentro de los cuales casi siempre se hallan ellos mismos en relación con otras personas u objetos. Otros dibujos representan el Espacio en términos del medio ambiente, en donde es posible encontrar animales, casas, árboles, así como ciertos lugares representativos para los jóvenes, los cuales se constituyen como *espacios externos* a los estudiantes en donde pueden interactuar con más personas; estos lugares poseen un carácter *métrico* según los dibujos, ya que es posible estimar numéricamente su área por ejemplo (Est. 7). Algunos educandos tratan de mostrar el Espacio de forma más abstracta empleando figuras geométricas, cuerpos sólidos o vistas en perspectiva sin necesidad de dibujar objetos en su interior, a modo de *espacios vacíos*. También aparecen representaciones del *espacio exterior* pues algunos estudiantes dibujan cuerpos celestes como planetas y estrellas.

Es de notar que así como en los testimonios de los estudiantes del Instituto Pitágoras, estos educandos también recurren a representar gráficamente el Tiempo a través de relojes que se encuentran dentro de los espacios que dibujan, ya sea para indicar el Tiempo empleado desarrollando alguna actividad o para ilustrar una *sucesión de eventos* que ocurren en horas distintas. En muchas ocasiones dibujan los relojes marcando una hora específica, representando con ello el momento en que deben realizar alguna acción o la

hora de inicio y de final de cierta actividad. No obstante, una de las relaciones más evidentes entre Espacio y Tiempo se evidencia cuando algunos estudiantes tratan de dibujar el movimiento de un automóvil y el Tiempo que demora en ir de un punto a otro.

Los testimonios de los educandos de ambas instituciones muestran un modo de hablar metafórico entre el Espacio y el Tiempo, principalmente a la hora de hablar del Tiempo, sobre todo cuando emplean dichos populares o refranes para referirse al mismo, esto tal vez se debe a que el Tiempo resulta ser más abstracto que el Espacio, pues este último se encuentra más relacionado con lugares, objetos e inclusive personas. Al respecto, se encontró que es recurrente observar cómo los educandos, a partir de su experiencia cotidiana manifiestan que tanto el Espacio y el Tiempo son limitados y cortos, ya sea porque los lugares que frecuentan no son muy amplios o porque en muchas ocasiones no les alcanza el Tiempo para realizar alguna actividad.

La mayoría de estudiantes de 6º a 9º, hablan en términos de un Espacio y un Tiempo *personal* que dependen de la experiencia propia de cada educando. Las frases terminan siendo en cierto modo egocéntricas, lo que se observa en los dibujos donde es recurrente observar cómo tratan de dibujarse a sí mismos. En la mayoría de los casos los dibujos parecen instantáneas de algún momento vivido por los estudiantes, ya que manifiestan recuerdos o experiencias pasadas. Por su parte, los estudiantes de cursos superiores (9º a 11º) emplean el conocimiento escolar aprendido particularmente en la clase de Física o sobre aspectos de Astronomía, lo cual se observa mejor en los dibujos cuando representan autos en movimiento o cuando ilustran cuerpos celestes en el Espacio exterior.

Estos primeros hallazgos contribuyeron enormemente a resignificar los conceptos de Espacio y Tiempo desde el trabajo investigativo, pues aunque desde los testimonios se aprecia una fuerte relación entre ellos, se concluyó que no era conveniente asumirlos como una unidad espacio-temporal, pues la mayoría de los educandos los consideraban como conceptos separados pero vinculados. Lo anterior permitió formular nuevas hipótesis que alimentaron no solo la investigación sobre estos conceptos sino también la propuesta de aula con los estudiantes del Gimnasio San Angelo. De esta manera, se planteó el trabajo

en el aula con base en una serie de actividades de orientación y ubicación, desde las cuales se interpretaron las elaboraciones de los estudiantes.

### **4.3 Técnicas y Herramientas de recolección de la información**

Los datos obtenidos se recolectaron a partir de los testimonios escritos (hojas de trabajo de los estudiantes, cuestionarios), testimonios gráficos (dibujos, representaciones), registros audiovisuales (fotos, videos) y la observación directa que se realizó durante la implementación de las actividades. El análisis de la información que permitió la resignificación del conocimiento, se llevó a cabo por medio de la sistematización de los testimonios, proceso indispensable para la reorganización de la experiencia en el aula, ya que a través de ella es posible reflexionar sobre la labor docente y las elaboraciones construidas con los estudiantes. La sistematización ayudó de esta forma a estudiar más detenida y metódicamente las formas de argumentar y de explicar empleadas por los educandos, desde la categorización de sus modos de hablar, posibilitando con ello una mejor comprensión de las dinámicas del aula desde una mirada holística y reflexiva, que puede ser comunicada, y debatida con pares académicos, a fin de transformar y enriquecer la práctica pedagógica.

### **4.4 Categorías de Análisis**

Para poder apreciar mejor la diversidad conceptual y epistémica de los conceptos de Espacio y Tiempo, se estudiaron las elaboraciones de los educandos y los diálogos entre ellos y maestros, en busca de palabras, afirmaciones, significados, diagramas, representaciones, etc., que permitieran describir y analizar con mayor precisión (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006) las ideas emergentes sobre el Espacio y el Tiempo, así como localizar información relevante desde la cual se logran formular relaciones o inferencias en torno a estos conceptos con base en los contextos de uso.

Estos hallazgos fueron organizados en *categorías de análisis*, es decir, en grupos de clasificación interrelacionados (mas no jerárquicos), derivados de los referentes teóricos y de las reflexiones hechas en relación con el trabajo investigativo (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006). Dentro de dichas categorías se enmarcaban los elementos y los criterios

que usaban los estudiantes para elaborar ideas, para reconocer fuentes de información y en últimas para construir conocimiento sobre los conceptos de Espacio y Tiempo. En otras palabras, esta clasificación en categorías facilitó la organización de los testimonios de los educandos, la contrastación de puntos de vista, la aparición de convergencias entre las ideas de los estudiantes y el reconocimiento de valores, intereses, creencias y demás factores que influyeron en las discusiones grupales.

Las categorías que se tuvieron en cuenta a la hora de analizar la información recolectada desde los testimonios de los educandos, corresponden a dos niveles: uno referido a la relación **experiencia, lenguaje y conocimiento** planteada por Arcà, Guidoni & Mazzoli (1990), y otro referido a los **modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo**, evidenciados en las elaboraciones de los estudiantes. Así, dentro de las categorías del primer nivel de análisis se encuadran los aspectos que tienen que ver con la *experiencia* vivida en la interacción con el entorno y cuya reflexión e interiorización permite construir *conocimiento*, el cual es expresado a través del *lenguaje*; el vínculo entre estos elementos permite configurar nuevos significados desde la confrontación entre el lenguaje y la experiencia (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990). De esta manera, las categorías del primer nivel de análisis se describen como sigue (Tabla 7):

**Tabla 7. Primer nivel de análisis: experiencia, lenguaje y conocimiento.**

Categoría	Descripción
<b>Experiencia</b>	Las vivencias de los estudiantes, propiciadas además durante las actividades escolares y mediadas a través de los sentidos y de la interrelación con los demás, contribuyen al enriquecimiento de la experiencia, la cual permite apreciar los elementos que son relevantes para los estudiantes a la hora de interactuar con su entorno, así como a la hora de percatarse de nuevos problemas, que se van a convertir luego en factores potenciadores del aprendizaje. Por este motivo es necesario reconocer los aspectos que favorecen la experiencia y apoyarlos con actividades problemáticas.
<b>Lenguaje</b>	A través de esta categoría se ponen en evidencia aquellos significados y representaciones empleados por los educandos para plasmar sus ideas, las cuales contribuyen a construir, refutar y reconocer argumentos coherentes durante los procesos de discusión. El lenguaje es fundamental para el desarrollo de conocimiento pues permite debatir, argumentar y describir pensamientos, tener conciencia más plena del Tiempo y del Espacio, formular preguntas, entre otras ventajas.
<b>Conocimiento</b>	Por medio de esta categoría se buscó identificar aquellos elementos que permiten a los estudiantes construir nuevos significados y comprensiones sobre los conceptos de Espacio y Tiempo, por medio de los cuales generaran estructuras coherentes a partir de la discusión con los demás y de la

Categoría	Descripción
	experiencia propia de cada estudiante. En este aspecto, las discusiones grupales y las elaboraciones de los educandos resultaron relevantes para el análisis del tipo de conocimiento que ellos construyeron.

Por otra parte, los *modos de hablar* se constituyen en instrumentos fundamentales para la organización de *modos de pensar* concretos y abstractos. Por tal razón en el segundo nivel de análisis se trató de identificar cómo se reflejan ciertos aspectos del «aprender» en los modos de hablar de los educandos, para tratar de comprender cuáles son los elementos que se encuentran a la base de sus construcciones sobre los conceptos de Espacio y Tiempo. A continuación (Tabla 8) se describe esta categoría de análisis para dar un poco más de claridad sobre su papel durante la sistematización:

**Tabla 8. Segundo nivel de análisis referido a los modos de hablar de los educandos.**

Categoría	Descripción
<b>Modos de hablar</b>	Estos se constituyen como las maneras en que los estudiantes utilizan el lenguaje para relacionarse con los demás, influenciados por componentes ideológicos, así como por expectativas e intereses particulares. De esta manera pueden hacer referencia a formas escriturales, orales, gestos faciales, movimientos de las manos y los dedos, posturas corporales, dibujos, esquemas, figuras literarias, entre otras expresiones.

De esta manera se hizo indispensable distinguir cuáles eran los *modos de hablar* que manifiestan los estudiantes en torno a los conceptos de Espacio y Tiempo, con el fin de apreciar su riqueza conceptual.

## 4.5 Metodología en el Aula

El trabajo en el aula se organizó con base en el desarrollo de las Actividades Totalidad Abiertas (ATAs), metodología planteada para la Enseñanza de las Ciencias con la que se busca articular el conocimiento construido en clase, con los conocimientos de los estudiantes, a fin de construir significados para los conceptos, seleccionando adecuadamente las temáticas y problemas, teniendo presente el interés, las capacidades intelectuales de los educandos y la manera de presentar las actividades (Segura, 2000).

Para ello se requiere que las actividades particulares en el aula permitan la aproximación de los estudiantes hacia formas de pensar cada vez más elaboradas, para lo cual es necesario la exposición del conocimiento que han construido desde sus experiencias, pues este se constituye en un puente fundamental que acerca al educando a nuevas formas de conocimiento. Así, las situaciones propuestas deben ser conflictivas para el estudiante y tomadas como totalidad, de modo que en ellas se interrelacionen la experiencia, el lenguaje y el conocimiento en diferentes contextos (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990), al tiempo que se potencia la comprensión de las situaciones por medio de procesos de debate, crítica y justificación de ideas (Segura, 2000). Las Actividades Totalidad Abiertas permiten cumplir de esta manera con los siguientes aspectos:

***Coherencia conceptual***, es decir, la manera como se articulan los conocimientos que se construyen con los que poseen los estudiantes (problema epistemológico).

***Coherencia lógica***, referida a la selección de los temas que se tratan y su profundidad, en cuanto ésta debe corresponder al desarrollo intelectual del estudiante (posibilidades de comprensión – elaboración de discurso, problema lógico).

***Coherencia en el formato de la actividad***, la cual se constituye en la selección de los temas o problemas que se resuelven en la clase, en cuanto la actitud de los estudiantes frente a ellos; es determinante para la captura del interés por lo que se hace (problema de pertinencia) (Segura, y otros, 1995).

La dinámica de trabajo tiene en cuenta los siguientes aspectos que se presentan retroalimentados de la siguiente manera (Figura 13):

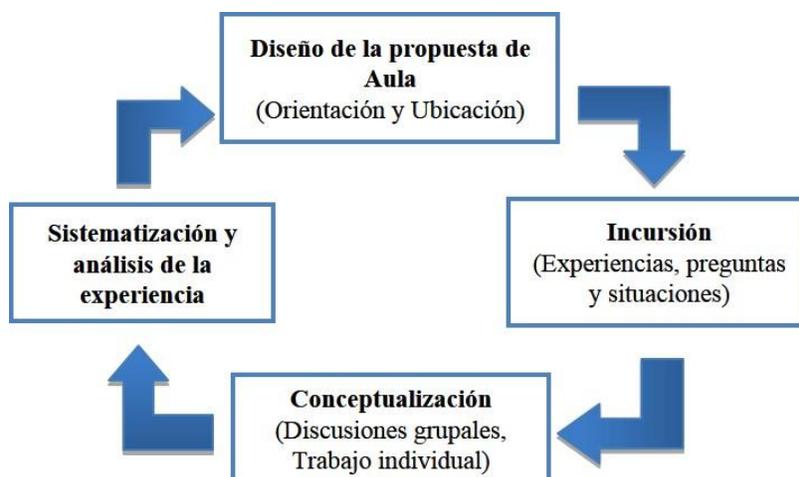


Figura 13. Proceder de la actividad en el aula.

Dicha metodología trajo grandes ventajas para esta propuesta, ya que permitió explorar y describir las relaciones existentes entre los modos de hablar de los estudiantes y la diversidad conceptual y epistémica de los conceptos de Espacio y Tiempo, además de favorecer *la mirada en totalidad* de estos conceptos, gracias a la convergencia e interacción de distintas miradas profesionales, dentro de un marco limitado a una población específica.

#### 4.5.1 Formas de trabajo en el aula

Las formas de trabajo en el aula contemplaron una serie de estrategias como se muestra a continuación (Tabla 9):

Tabla 9. Formas de trabajo en el aula para el desarrollo de la propuesta.

Acciones	Descripción
<b>Trabajo Experiencial</b>	Las actividades fundamentadas en esta forma de trabajo pretendían enriquecer la experiencia de los estudiantes a través de ejercicios pragmáticos, en donde los sentidos fueron esenciales para la organización de posibles acciones prácticas o para tomar decisiones adecuadas que llevaron a los educandos a materializar sus ideas. Además, este accionar contribuyó a poner a prueba las concepciones de los estudiantes, a apreciar nuevas variables, a relacionar aspectos aparentemente inconexos, todo a partir de la percepción y la organización de las sensaciones.
<b>Trabajo en Grupo</b>	En este tipo de acciones prevaleció el trabajo colectivo, ya que se buscaba aprovechar los saberes de los estudiantes, tanto grandes como pequeños, en la construcción de conocimiento. Así, las actividades basadas en esta forma de trabajo permitieron que tanto estudiantes como docentes interactuaran a fin de buscar soluciones o explicaciones a las problemáticas que surgieron durante el proceso.

Acciones	Descripción
<b>Talleres</b>	Para ampliar la mirada del estudiante sobre los problemas abordados, se realizaron diversos talleres tanto individuales como grupales, en donde los educandos se enfrentaron a diversas situaciones problemáticas a través de lecturas y cuestionarios que resolvieron desde su experiencia, sus saberes y desde la indagación y el diálogo con los demás. Esto permitió, entre otras cosas, mejorar los ejercicios escriturales y de representación, poniendo en evidencia los modos de hablar de los educandos. Con ayuda de los talleres, los estudiantes también construyeron dispositivos que facilitaron la comprensión de ciertas situaciones y el hallazgo de nuevas soluciones. En este sentido, los talleres enriquecieron y decantaron las búsquedas en el aula, problematizando y tematizando nuevas situaciones para llevar a la clase.
<b>Conferencias / Charlas</b>	Aunque la palabra del docente puede llegar a convertirse en una fuente de información confiable y de autoridad para el grupo de estudiantes, es necesario romper con este esquema el cual puede ser contraproducente, pues frena la exploración y la imaginación. Por tal razón, las conferencias no se consideran espacios en donde el docente es el único que toma la palabra, sino que se constituyen en una forma de trabajo en la que se evidencia aún más la voz del maestro con la participación activa de los estudiantes. A través de las conferencias los docentes orientaron las discusiones en el aula, apoyados con herramientas audiovisuales, facilitando así la elaboración de más preguntas y argumentos.
<b>Conversatorios / Mesas Redondas</b>	A partir de las formas de trabajo anteriores, se generaron espacios en donde estudiantes y docentes discutieron acerca de sus apreciaciones sobre el problema de la orientación, la ubicación y la percepción del Espacio y el Tiempo. Esto ayudó a recoger las ideas, inquietudes, nociones y primeras explicaciones que se tenían al respecto. Aquí se socializaron las vivencias de cada uno de los jóvenes, propiciando una interacción dialógica que permitiera reconocer aspectos fundamentales de lo observado con problemáticas propias de la Astronomía.

Con estas acciones se procuró favorecer el desarrollo intelectual de los estudiantes, teniendo en cuenta sus necesidades particulares, enmarcadas dentro del contexto educativo y las intenciones propuestas. De esta manera, se plantearon una serie de momentos en torno a la orientación y la ubicación, a fin de apreciar los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo de los estudiantes por medio de la implementación de las formas de trabajo anteriormente expuestas.

## CAPÍTULO V

# Orientación y Ubicación con estudiantes del Gimnasio San Angelo

---

*“Descubrir es la única manera activa de conocer. Correlativamente, hacer descubrir es la única manera de enseñar.”*  
Gaston Bachelard

Puesto que las personas llegan a construir un Espacio y un Tiempo personal que les permite implícitamente establecer marcos y sistemas de referencia (Tenbrink, 2006) tanto espaciales como temporales, la orientación espacial estará determinada por la posición o ubicación de ciertos objetos perceptibles dentro del mismo espacio, mientras que la orientación temporal puede ser establecida a partir de eventos o sucesos específicos del pasado o del presente del observador. Debido a lo anterior, las actividades realizadas dentro del aula concernientes a la orientación y a la ubicación, cobran especial importancia en tanto permiten apreciar las concepciones de Espacio y Tiempo de los estudiantes, teniendo como base el carácter métrico de dichos conceptos, pero dirigiendo las reflexiones hacia modos de pensar más abstractos, que permitan ampliar sus significados, a partir de la construcción de nuevas experiencias y del diálogo, la contrastación y la crítica propiciada entre pares y docentes.

Así por ejemplo se han desarrollado diferentes investigaciones desde diversos campos del saber (Gonzato, Fernández, & Díaz, 2011; Caballero, 2002; Hershkowitz, Parzysz, & Van Dormolen, 1996) con las que se busca mostrar la importancia del trabajo en torno a la orientación y la ubicación, como elementos potenciadores para la construcción de un sentido espacial y temporal. Estas investigaciones indican cómo la habilidad para orientarse permite reflexionar y elaborar mejores representaciones sobre los objetos y los espacios que ocupan en relación con sus partes, su estructura y sus transformaciones, llamando la atención en la interacción presente entre el observador y el Espacio (Gonzato, Fernández, & Díaz, 2011) o el Tiempo, partiendo de lo corpóreo, de los puntos de vista de cada estudiante y de las representaciones que construyen.

En este sentido, Hershkowitz, Parzysz, & Van Dormolen (1996) afirman que en las actividades de orientación surgen además relaciones directas entre las personas y el Espacio a la hora de pensar en *qué* ve el observador, así como relaciones indirectas en donde se pone de manifiesto *cómo* ve el observador, teniendo en cuenta la ubicación de otras personas y de los objetos. De esta manera se plantean propuestas como la de Gonzato, Fernández, & Díaz (2011) en donde se proyectan: 1) *actividades de orientación estática* en las que los estudiantes deben determinar la ubicación del propio cuerpo y de objetos fijos en el entorno, 2) *actividades de interpretación de perspectivas* en donde los educandos deben reconocer, imaginar y representar objetos tridimensionales vistos desde diferentes ángulos y 3) *actividades de orientación en espacios reales* las cuales permiten a los estudiantes orientarse en espacios físicos a través de la lectura de mapas, maquetas, sistemas de referencia, etc. (Gonzato, Fernández, & Díaz, 2011). Con base en lo anterior se configuró una propuesta de aula que permitiera apreciar las concepciones de Espacio y Tiempo manifestadas por los estudiantes, desde la orientación y la ubicación, para lo cual se partió de los referentes teóricos presentados con anterioridad, pues estos ayudaron a guiar el trabajo con los educandos, así como el proceso de sistematización.

## 5.1 Propuesta de Aula

La propuesta de aula buscaba crear espacios en donde se propiciara la construcción del conocimiento, a través del intercambio de ideas y la validación de las explicaciones elaboradas por los educandos (Bautista & Rodríguez, 1996). Por eso las actividades apuntaron siempre hacia el favorecimiento de modos de pensar el Espacio y el Tiempo cada vez más abstractos, partiendo desde los modos de pensar concretos y desde ciertas discrepancias o problemáticas suscitadas al interior del aula, en torno a las ideas de Espacio y Tiempo y a los problemas de la orientación y la ubicación espacial y temporal.

A partir de lo anterior se desencadenaron discusiones entre estudiantes y docentes, en donde se pusieron en juego los modos de hablar de cada uno, manteniendo el interés con actividades de exploración y *búsqueda colectiva* (Segura, 2000) sobre situaciones cercanas a la experiencia de los estudiantes. De esta manera se fomentó el trabajo grupal, suscitando conversatorios en donde los estudiantes expusieron posturas y explicaciones

que permitieron llegar a acuerdos con los demás y así construir convenciones puestas a prueba con nuevas experiencias. De este modo, la labor de los docentes fue indispensable puesto que eran ellos quienes orientaban cada uno de los procesos, pensando las actividades y las preguntas adecuadas que contribuyeran a mantener las dinámicas discursivas dadas al interior del aula (Segura, 2000).

Para el caso de la presente propuesta fue necesario tener en cuenta también que el maestro como agente activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, debía reconocer la importancia de la significación y construcción de conceptos, dependiente del contexto de uso, lo cual obliga al docente a tener en cuenta la *diversidad conceptual y epistémica* de los conceptos de Espacio y Tiempo. Es por esta razón que la propuesta se fundamentó en la riqueza de significados hallada con base en los referentes conceptuales e inició con una serie de actividades experienciales, ya que con ellas se deseaba promover en los estudiantes modos de pensar concretos tomando como referentes los conceptos de *Espacio y Tiempo personales*, de modo que se potenciaran procesos de observación, organización, selección, agrupación y clasificación de ideas, a partir de la percepción y de la interacción con el entorno. Lo anterior permitió generar preguntas-problema y sentar algunas bases con las cuales se promovieron posteriormente modos de pensar abstractos, los cuales ayudaron a los educandos a resignificar los conceptos de Espacio y Tiempo, formulando proposiciones, y generalizaciones sobre los mismos.

Así, el objetivo general de la propuesta fue significar con los estudiantes del Club de Astronomía Balam del Gimnasio San Angelo, los conceptos de Espacio y Tiempo a partir de actividades de orientación y ubicación. Como objetivos específicos se buscó: 1) potenciar en los estudiantes un sentido de orientación y ubicación con base en las actividades y en los significados que ellos le dan a los conceptos de Espacio y Tiempo, 2) promover la construcción de preguntas y explicaciones alrededor de problemas relacionados con la orientación y la ubicación, 3) identificar y categorizar los modos de hablar que emergen en las elaboraciones de los estudiantes sobre los conceptos de Espacio y Tiempo, y 4) enriquecer la mirada y la experiencia de los estudiantes a partir de ciertas situaciones referentes a la orientación y la ubicación.

## 5.2 Momentos de la Propuesta

La propuesta de aula se llevó a cabo en tres momentos principales, cada uno de los cuales iba dirigido hacia la puesta en evidencia de los modos de pensar, manifestados en los modos de hablar de los estudiantes sobre los conceptos de Espacio y Tiempo (Figura 14).



Figura 14. Organización de los momentos que conforman la propuesta de aula en torno al problema de la orientación y la ubicación espacial y temporal (*Imagen elaborada por el autor*).

Para ello se implementaron una serie de actividades en donde los educandos se enfrentaron a situaciones problémicas relacionadas con la percepción del Espacio y el Tiempo, así como con la orientación y la ubicación. A continuación se presenta una descripción de los momentos planeados junto con sus respectivas actividades.

### 5.2.1 Momento 1: Orientándonos por medio de nuestro cuerpo

Algunas investigaciones (Radden, 2004; Tenbrink, 2006; Wagner, 1975) han mostrado que la percepción y los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo resultan tener un carácter subjetivo, en tanto reflejan la idea de un Espacio y un Tiempo propios para cada persona, los cuales vendrán a depender del punto de vista que se asuma y de la relación que tenga con su cuerpo, su entorno y los individuos que hacen parte de él. Por tal razón, surgen las ideas de *espacio y tiempo personal* (Wagner, 1975) referentes a las ideas del Espacio que ocupa y necesita cada persona, y al tiempo que emplea en sus actividades diarias o que envuelve los sucesos más importantes de su vida.

En este sentido, la propuesta buscaba en un primer momento plantear una serie de actividades perceptuales con las que se pretendía que los educandos empezaran a construir conocimiento explorando la relación cuerpo-entorno, identificando los factores que favorecen la orientación espacio-temporal. Aquí las actividades sensoriales y grupales como modos de hablar y como valiosas experiencias de aprendizaje permitieron promover el uso del lenguaje, de la representación y de los sentidos a medida que se fomentaron las relaciones interpersonales. Este proceso se reforzó con las discusiones grupales, en donde los educandos manifestaron sus percepciones compartiendo, comparando y contrastando ideas para darles un nuevo significado. Así, se presentan las actividades que configuran este primer momento (Tabla 10):

**Tabla 10. Actividades correspondientes al primer momento de la propuesta.**

ACTIVIDAD	INTENCIONES	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
<b>Actividad 1: Orientándonos a través de los sentidos</b>	Se buscaba que los educandos reconocieran el Espacio y el Tiempo desde lo corporal y lo perceptual, enfocándose en el Espacio que ocupan sus cuerpos y el problema de la percepción del Tiempo.	Con el apoyo de los docentes de Educación Física del colegio, los educandos realizaron ejercicios de orientación espacial, enfocados en la idea de lateralidad. Estos ejercicios involucraron: imitación de los movimientos del otro, movimiento corporal siguiendo instrucciones verbales con los ojos cerrados, lanzar y atrapar pelotas, caminar con los ojos vendados.	Se recogieron inquietudes y apreciaciones de los estudiantes de forma oral y escrita, usando medios audiovisuales y una guía de trabajo.
<b>Actividad 2: Orientación y ubicación en el colegio</b>	A partir de la actividad anterior, se pretendía que los estudiantes reconocieran su entorno y su colegio, construyendo sus propias instrucciones para ir de un lugar a otro dentro del mismo sin la ayuda de la visión, por lo que para esta actividad debían usar los demás sentidos.	Se propusieron situaciones hipotéticas relacionadas con la orientación espacial en donde, por parejas, debían encontrar soluciones adecuadas. Luego construyeron una serie de instrucciones que debían guiar a una persona ciega para ir de un punto del colegio a otro, sorteando obstáculos, sin contacto físico, sólo verbal. Luego pusieron a prueba sus instrucciones.	La actividad permitió identificar aspectos relevantes para los estudiantes a la hora de orientarse, de moverse y de ubicar objetos dentro del espacio del colegio, así como el papel que pueden tener las ideas temporales en estas acciones.

ACTIVIDAD	INTENCIONES	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
<b>Actividad 3: Caminando a ciegas por el colegio</b>	Los estudiantes realizaron actividades en donde interactuaron con su entorno. Debían emplear sus sentidos, ejercitando con ello la capacidad de representación, de modo que lograran evidenciar algunos de los problemas de la orientación y la ubicación.	Los estudiantes se reunieron en parejas, uno de ellos se vendó los ojos y atravesó una pista de obstáculos construida con la colaboración de los docentes de Educación Física, para ello el estudiante debía seguir las indicaciones de su compañero, quien para este caso debía manejar las tres dimensiones espaciales.	Las actividades permiten promover la capacidad de orientación y ubicación desde los sentidos, mejorando la expresión oral. Esto facilita identificar los modos de hablar de los educandos, no solo verbales sino también corporales, fomentando la colaboración y la participación.

A partir de las experiencias anteriores, se discutieron con los estudiantes sus apreciaciones acerca del problema de la orientación, la ubicación y la percepción del Espacio y el Tiempo, por medio de conversatorios en donde afloraron las ideas suscitadas en los educandos a partir del trabajo realizado. De esta manera, el ejercicio de dar a conocer su experiencia y escuchar al otro, contribuyó a que los estudiantes empezaran a formular las primeras relaciones sobre los conceptos de Espacio y Tiempo, partiendo de lo vivido y de sus conocimientos, generando más interrogantes.

### 5.2.2 Momento 2: La orientación y la ubicación en la historia de la Astronomía

Los conceptos de Espacio y Tiempo han cambiado constantemente en el transcurso de la historia humana, por lo que su construcción y significación ha demandado el esfuerzo de grandes pensadores, y ha dependido de diversos procesos socio-culturales. En este aspecto, el desarrollo de los conceptos de Espacio y Tiempo no hubiese sido posible sin los aportes realizados dentro del campo de la Astronomía, pues ella ha facilitado la tarea de estructurarlos a partir de las observaciones realizadas al cielo. De esta manera, las actividades del segundo momento de la propuesta (Tabla 11) apuntaron hacia la construcción de los conceptos de Espacio y Tiempo, con base en las actividades experienciales del momento anterior y en la discusión de los aspectos históricos y filosóficos que posibilitaron el mejoramiento de las técnicas de orientación y ubicación.

Tabla 11. Actividades correspondientes al segundo momento de la propuesta.

ACTIVIDAD	INTENCIONES	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
<b>Actividad 1: Los modos de orientarse y de ubicar objetos en la antigüedad</b>	Se mostraron algunos de los problemas más relevantes en el campo de la Astronomía a lo largo de la historia, referentes a la orientación y a la ubicación de cuerpos en la tierra y en el cielo, de modo que se contextualizara a los estudiantes sobre las técnicas empleadas por ciertas culturas y sus concepciones.	Por medio de un video introductorio se hizo referencia a las formas de orientación y ubicación más conocidas a lo largo de la historia en diferentes culturas. Con base en ello, se plantearon una serie de preguntas que los estudiantes trataron de responder luego de ver los videos, partiendo de lo que saben y de lo vivenciado en el momento anterior.	Implícitamente se empezaron a mostrar diversas concepciones antiguas sobre el Espacio y el Tiempo, de modo que los estudiantes generaran más preguntas y empezaran a pensar en las ideas de Espacio y Tiempo desde la relación con las concepciones de universo presentadas a través de los videos.
<b>Actividad 2: Astronomía antigua: Ubicando estrellas en el cielo nocturno</b>	Puesto que la voz de los docentes fue fundamental para el direccionamiento hacia nuevos problemas, en esta actividad se hizo más evidente pues se expusieron elementos básicos para la comprensión de los métodos de ubicación en la astronomía antigua, a fin de fomentar un diálogo crítico entre estudiantes y docentes que contribuyera a la resignificación de la comprensión sobre el Espacio y el Tiempo.	Se organizó una charla sobre los aspectos relevantes de la astronomía de posición, dirigida por los docentes de filosofía y física. Allí se discutieron con los estudiantes, los elementos claves que la originaron. Luego, se les solicitó a los educandos que pensarán en diferentes formas de medir distancias y posiciones relativas de objetos en el cielo nocturno, contrastando las posibles soluciones. Para ello se tuvo como apoyo el programa Stellarium.	Se desarrollaron estas actividades de modo que se pensarán en el problema de la orientación y la ubicación desde lo corpóreo, en relación con la actividad de ubicar estrellas en el cielo. Se esperaba entonces relacionar las nociones de Tiempo y Espacio personal con el entorno y los objetos que se pueden encontrar en él.
<b>Actividad 3: Observando el cielo nocturno desde el jardín de la casa</b>	Basados en la actividad anterior se pretendía que los estudiantes relacionaran el Espacio y el Tiempo durante el ejercicio de observar la misma estrella todas las noches desde sus propias casas. De este	A través de un taller individual, se planteó una situación hipotética en donde los estudiantes, a través de un dibujo, debían determinar la posición de una estrella en el cielo nocturno haciendo uso de elementos del entorno. Las soluciones se discutieron grupalmente. Luego se les	En vista de que las observaciones al cielo nocturno son importantes para empezar a distinguir los elementos necesarios para ubicar estrellas, los estudiantes empezaron a trabajar desde sus casas,

ACTIVIDAD	INTENCIONES	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
	modo se buscaba ampliar la experiencia de los educandos a través del proceso de medición de la posición del cuerpo celeste empleando las partes de su cuerpo y luego con instrumentos de medida de construcción casera, para al final construir una bitácora de observación.	solicitó a los estudiantes elaborar una bitácora de observación del cielo nocturno, en donde desde sus casas, debían escoger una estrella en el cielo y durante un mes registrar los datos de posición de la misma con respecto a un punto de referencia.	debido además por la dificultad de realizar dichas observaciones en el colegio. Así se buscaba empezar a relacionar nociones espaciales con nociones temporales desde el carácter métrico de los mismos.

### 5.2.3 Momento 3: Orientándonos y ubicándonos en el cielo nocturno

Puesto que a partir de los modos de hablar es posible evidenciar que las personas implícitamente establecen marcos de referencia (Tenbrink, 2006) tanto espaciales como temporales, la ubicación espacial se encuentra determinada por la posición de ciertos objetos, mientras que la ubicación temporal puede ser establecida a partir de sucesos específicos del pasado o del presente. En este orden de ideas el Espacio y el Tiempo poseen un carácter métrico que permite cuantificarlos por medio de sistemas e instrumentos de medida. De esta manera, en este momento se plantearon una serie de actividades (Tabla 12) dirigidas hacia la manipulación y construcción de ciertas herramientas que facilitan la orientación y la ubicación, al tiempo que posibilitan la idealización del Espacio y el Tiempo por medio de representaciones más abstractas.

**Tabla 12. Actividades correspondientes al tercer momento de la propuesta.**

ACTIVIDAD	INTENCIONES	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
<b>Actividad 1: Entonces, ¿Cómo podemos ubicar una estrella en el</b>	Con base en este problema derivado de la elaboración de la bitácora, se pretendió partir de una situación experiencial y por ende concreta, que permitiera a los estudiantes apreciar las dificultades de orientarse y ubicar objetos celestes sin la	Se realizaron charlas y con el apoyo de docentes de matemáticas, sobre los elementos básicos de la bóveda celeste, los sistemas de coordenadas y los instrumentos de medida. Haciendo uso de materiales de bajo costo y apoyados con el blog del Club ( <a href="http://balamclub.wordpr">http://balamclub.wordpr</a>	El manejo de ciertos tipos de coordenadas celestes y de algunos instrumentos de medida, permite poner de manifiesto algunas de las representaciones más importantes que se tienen del cielo y de los objetos que en él se observan, teniendo

ACTIVIDAD	INTENCIONES	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
<b>cielo nocturno?</b>	ayuda de instrumentos. Así se estudiaron las soluciones propuestas por los estudiantes, tratando de evidenciar las relaciones que emergen entre el Espacio y el Tiempo durante esta actividad.	ess.com) se construyeron con los estudiantes cuadrantes para la medición de ángulos que facilitaron la ubicación de estrellas en el cielo. Luego se trabajó en el manejo del mismo y se dieron las indicaciones para que los estudiantes realizaran sus observaciones.	a la base el movimiento de los mismos, lo cual posibilita la estructuración de modos de pensar el Espacio y el Tiempo, en relación a dicho suceso natural.
<b>Actividad 2: Orientación y ubicación mediante la carta celeste</b>	Se buscó apreciar cómo los estudiantes relacionaban los conceptos de Espacio y Tiempo, por medio de la construcción y reflexión sobre el funcionamiento de la carta celeste. De esta manera se pretendía que llegaran a sus propias conclusiones a partir de todo lo vivenciado y la interacción lingüística con los demás.	Puesto que las constelaciones no son visibles durante todas las épocas del año, se plantearon problemas a los estudiantes en donde debían pensar en el factor tiempo, para poder ubicar una estrella en el cielo. Como apoyo se discutieron las relaciones entre Espacio y Tiempo presentes en la carta celeste y por ende en la concepción de universo que tenían los estudiantes.	Se esperaba hacer más evidente la relación entre Espacio y Tiempo, con base en el movimiento aparente de las estrellas y su determinación haciendo uso de la carta celeste.
<b>Actividad 3: Orientación y ubicación con constelaciones y coordenadas</b>	A partir de construcciones simples, tanto mentales como manuales, se esperaba potenciar el proceso de aprendizaje partiendo de preguntas, que favorecieran la elaboración de soluciones y de explicaciones mejor construidas por parte de los estudiantes.	Se elaboró una carta celeste y se realizaron ejercicios de ubicación de cuerpos celestes, apoyados con el programa Stellarium, lo cual acercó a los estudiantes un poco más a las técnicas de medición de posiciones en el cielo. Para ello se tuvo en cuenta nuevamente el contexto histórico y las formas de pensamiento que permitieron el origen de estos sistemas.	Se trabajó en esta actividad y con mayor profundidad el problema de la orientación con constelaciones y la ubicación de cuerpos celestes, con base en el uso de instrumentos de observación tanto físicos como virtuales.

Al finalizar, se socializaron las bitácoras de observación realizadas por los estudiantes, retomando aspectos importantes que surgieron durante sus trabajos, de modo que la experiencia de cada uno enriqueciera la de los demás. A partir de lo anterior se muestran a continuación los resultados y la sistematización hecha de la propuesta.



## CAPÍTULO VI

# La Vivencia en el Aula: Experiencia en torno a la Orientación y Ubicación

---

*“Las metas e ideales que nos mueven se generan a partir de la imaginación. Pero no están hechos de sustancias imaginarias. Se forman con la dura sustancia del mundo de la experiencia física y social.”*  
John Dewey

El Club de Astronomía Balam del colegio Gimnasio San Angelo, se constituyó en un espacio de construcción e interacción de saberes, ya que por medio de él se pretendía fortalecer el deseo por conocer de jóvenes de distintas edades y grados escolares de la institución, generándoles una constante necesidad por saber y aprender sobre su entorno, a partir de actividades y discusiones guiadas por docentes de diferentes áreas del conocimiento, lo cual permitió no solo enriquecer los diálogos y el conocimiento construido en el aula, sino también la mirada pedagógica, didáctica, disciplinar y epistemológica del profesor al pensar propuestas susceptibles de llevar al aula.

De esta manera, las sesiones de la propuesta tuvieron lugar en los diferentes espacios físicos del colegio los días lunes de 3:00 a 3:45 pm, iniciando el 25 de febrero y finalizando el 3 de junio del 2013. En este sentido, en el presente apartado se muestran las descripciones detalladas de los tres momentos llevados a cabo en el aula: 1) Orientándonos por medio de nuestro cuerpo, 2) La ubicación y la orientación en la historia de la Astronomía y 3) Orientándonos y ubicándonos en el cielo nocturno, así como los análisis que se desprendieron de las actividades realizadas. Como apoyo a dicho estudio, se emplearon algunos de los testimonios más relevantes recolectados durante el trabajo con los educandos, los cuales fueron analizados desde las categorías de *experiencia, lenguaje y conocimiento*, así como desde *los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo*; esto permitió reflexionar más a fondo sobre la diversidad conceptual y epistémica de los conceptos de Espacio y Tiempo hallada en el aula, con base en las elaboraciones de los educandos y la orientación de los docentes.

## **6.1 Momento 1: Orientándonos por medio de nuestro cuerpo**

La percepción del entorno a través de los sentidos fue la clave para iniciar el trabajo con los estudiantes, pues es la experiencia personal la que facilita la construcción de las primeras ideas, la discusión y el diálogo con otras personas y en últimas la elaboración de conocimiento sobre lo que ocurre alrededor. Así, se buscaba que los estudiantes a través de actividades prácticas empezaran a reconocer algunos elementos y problemáticas en relación con la orientación espacial y temporal dentro de un entorno conocido para ellos como lo es el colegio, para luego enfocar el trabajo en lo referente a la ubicación de cuerpos en diferentes situaciones cotidianas. De este modo se plantearon tres actividades que permitieron organizar este primer momento: *Orientándonos a través de los sentidos*, *Orientación y ubicación en el colegio*, y *Caminando a ciegas por el colegio*.

En dichas actividades fue indispensable la participación de los docentes del área de Educación Física del colegio, ya que ellos poseen un valioso conocimiento sobre los distintos tipos de ejercicios motrices que permiten desarrollar en los estudiantes un sentido de orientación y ubicación, a partir de la interacción entre los objetos del medio y sus cuerpos. Lo anterior complementado con una serie de discusiones grupales sobre las mismas actividades, permitió recolectar algunos resultados cualitativos de esta primera incursión en el aula, los cuales se presentan en las siguientes secciones.

### **6.1.1 Actividad 1: Orientándonos a través de los sentidos**

Durante la primera actividad los estudiantes realizaron una serie de ejercicios físicos, con los cuales se buscaba que empezaran a identificar aspectos importantes de la orientación espacial y temporal explorando su cuerpo y su entorno inmediato. Estas actividades se desarrollaron con el apoyo de Edwin Joya y Paulo Forero, profesores del área de Educación Física de la institución. A continuación (Tabla 13) se describen las actividades con su respectivo testimonio gráfico.

Tabla 13. Comentarios a los ejercicios de la primera actividad del momento 1.

TESTIMONIO	DESCRIPCIÓN	ESPACIO Y TIEMPO
	<p>Se organizaron los estudiantes en círculo y el profesor se ubicó en el centro. Desde allí daba una serie de instrucciones que los estudiantes debían seguir repetidamente con los ojos cerrados sin moverse de su posición. Así, el docente les solicitaba que levantaran los brazos o las piernas, que movieran la cabeza o que giraran su cuerpo en alguna dirección específica, siempre indicando las acciones que debían llevar a cabo a través de expresiones como arriba, abajo, derecha, izquierda, etc.</p>	<p>Este tipo de acciones contribuyen a que los estudiantes reconozcan en primera instancia su <b>espacio personal</b> partiendo desde la lateralidad manejada a través de sus cuerpos y desde una serie de modos de hablar verbales usados por el docente, los cuales ayudan en el ejercicio de identificar las <b>3 dimensiones</b> espaciales con el cuerpo, así como de posicionarse en un lugar haciendo uso del movimiento de sus extremidades. Además se potencia la percepción temporal al realizar <b>sucesivas</b> acciones motrices.</p>
	<p>Luego los estudiantes debían imaginar que estaban haciendo actividades con las manos como martillando o lanzando una pelota, primero con la mano derecha y luego con la mano izquierda. Los estudiantes manifestaban que al cambiar de mano la acción no se podía realizar igual, pues era más difícil hacerla con la mano de menor destreza, por eso sus movimientos eran irregulares o no los podían mantener.</p>	<p>En estos ejercicios los estudiantes trabajaban en un <b>espacio limitado</b> ocupado por su cuerpo, respetando el espacio de sus compañeros, sin embargo al imaginarse lanzando pelotas, debían pensar un <b>espacio más amplio</b> a pesar de que no podían cambiar su posición. Así se veía cómo los educandos miraban a lo lejos, imaginándose la posible trayectoria de la pelota después de ser lanzada, y por ende imaginándose un espacio más extenso.</p>
	<p>Se realizaron ejercicios semejantes pero con las piernas y los pies, en los que los estudiantes se imaginaban pateando un balón o caminando con una de las dos piernas enyesada, siguiendo indicaciones en donde debían manejar distintas direcciones (al frente, detrás, izquierda, derecha, arriba, abajo). Es de notar que los estudiantes no solo movían la parte del cuerpo específica que indicaba el docente, sino que también movían otras partes del cuerpo como la cabeza, los brazos, etc., fijando su mirada en lugares donde imaginaban que se encontraban los objetos.</p>	<p>La idea del ejercicio consistía en empezar a ampliar la experiencia de los estudiantes, tratando de que percibieran un <b>espacio más amplio</b>, a diferencia de los anteriores en donde el espacio de trabajo era reducido. También se buscaba que pensarán un <b>espacio en 3D</b>, imaginando objetos en movimiento, en donde se involucrara el arriba y el abajo, además de las direcciones frontal, posterior y laterales, tratando de mover todas las partes del cuerpo, en interacción con una serie de objetos imaginarios.</p>

TESTIMONIO	DESCRIPCIÓN	ESPACIO Y TIEMPO
	<p>Luego, los educandos se organizaron en parejas, mirándose de frente, de modo que uno de los dos imitara los movimientos de su compañero simulando un espejo. Aquí debían mover brazos, piernas, cabeza, etc., manejando constantemente la lateralidad durante los movimientos pero también la dirección frontal y posterior.</p>	<p>En este caso el <b>espacio</b> era <b>compartido</b> por dos personas, por lo que los educandos debían coordinar sus movimientos sin tocarse o invadir el espacio de su compañero, siempre imitando lo que el otro hacía. Algunos no se quedaron en la misma posición sino que se movían hacia otras direcciones, saliéndose del espacio que inicialmente ocupaban.</p>
	<p>Después a cada estudiante se le entregó una pelota de tenis. Ellos debían lanzarla verticalmente hacia arriba y dar un giro completo con su cuerpo mientras la pelota estuviese en el aire. Al final debían atraparla con la misma mano que la lanzó. El ejercicio se complicó luego cuando se les pidió que dieran dos y tres vueltas, y cuando se les solicitó repetir el ejercicio pero con la mano de menor destreza. Cabe resaltar que los estudiantes de mayor edad lograron hacerlo con más facilidad que los más jóvenes, algunos de los cuales manifestaban que “<i>no les daba tiempo</i>”.</p>	<p>Este ejercicio se convirtió en un problema que los estudiantes debían resolver relacionando la noción de espacio con la noción de tiempo, pues debían lanzar la pelota lo suficientemente alto para lograr girar a tiempo sobre la misma posición. Nuevamente entra en juego la idea de <b>espacio personal</b> pues debían realizar el ejercicio en el <b>espacio ocupado</b> por sus cuerpos, pero también surge la noción de <b>tiempo personal</b>, ligado a una <b>sucesión</b> de hechos que el estudiante debe realizar en <b>orden</b>.</p>
	<p>A partir de las actividades anteriores, se trabajaron con los estudiantes algunos ejercicios de orientación y ubicación espacial con los ojos vendados. Se organizaron por parejas en las cuales uno de los dos se vendaba los ojos mientras el otro lo guiaba por medio de instrucciones verbales, desde un punto del colegio a otro sin contacto físico. Se evidenciaba una gran inseguridad por parte de quienes tenían los ojos vendados, a pesar de que siempre estaban acompañados por su compañero.</p>	<p>La actividad permite en cierto modo trabajar el carácter sensorial del <b>espacio físico</b> que recorren sin usar el sentido de la vista, ayudando a que los estudiantes reconozcan el <b>espacio externo</b> a su espacio personal por medio de los demás sentidos. Se buscaba de esta forma contribuir al enriquecimiento de la experiencia espacial en tres dimensiones, pues los educandos debían trasladarse no solo en un plano sino también tener en cuenta los obstáculos con una determinada altura.</p>

En todos estos ejercicios se procuró trabajar las ideas de *espacio* y de *tiempo subjetivos* a partir de acciones motrices, percepciones sensoriales y la relación estudiante-entorno, así como con las personas y los objetos que se encontraba en él. En el último ejercicio por ejemplo, al no disponer del sentido de la visión, los estudiantes cuidaban mucho su *espacio personal* caminando lenta y prevenidamente, ya que de no hacerlo, la invasión de su espacio personal por parte de otra persona o de un objeto podría representar un tropiezo o un golpe que afectara su integridad física.

Por medio de los ejercicios también se trabajaban las ideas de *espacio bidimensional* y *tridimensional* en un ir y venir constante entre ambas ideas, en donde a veces los estudiantes sólo debían pensar un espacio plano (como en el caso en donde caminaban con los ojos vendados), pero en otras ocasiones era necesario que manejaran las tres dimensiones (como cuando debían mover distintas partes de sus cuerpos). Con base en lo anterior, las actividades propuestas permitieron en cierto modo la construcción de nuevas experiencias por parte de los estudiantes, que ayudaría posteriormente a contrastar y a evidenciar ciertos problemas y modos de hablar relacionados con el Espacio y el Tiempo, reconociendo el lenguaje y la comunicación como herramientas indispensables en su conceptualización.

### **6.1.2 Actividad 2: Orientación y ubicación en el colegio**

Con base en la actividad perceptual desarrollada con anterioridad, se llevó a cabo un cuestionario corto en donde los estudiantes debían encontrar soluciones a las siguientes situaciones problemáticas: 1) Si estás dentro del colegio ¿qué elementos o instrumentos usas y cómo los usas para orientarte dentro de él y para indicarle a otra persona la ubicación de un lugar como la cafetería, la cancha, la biblioteca, un salón, etc.?, y 2) Si se va la luz en tu casa, pero no tienes cómo generar luz ¿Cómo te orientarías dentro de ella para ir de tu cuarto a la cocina por ejemplo? ¿Cómo harías para ubicar un objeto como un libro, unas llaves, etc.? A continuación (Tabla 14) se muestran los testimonios y comentarios sobre las ideas emergentes de los estudiantes y los hallazgos relacionados con respecto a los conceptos de Espacio y Tiempo, luego de que los educandos discutieran en parejas las preguntas planteadas.

Tabla 14. Testimonios recolectados a partir de las guías de trabajo de los estudiantes.

GRUPO	CURSO	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
1	6º	Pregunta 1: “Para orientarnos recurrimos con las personas que llevan más en el colegio como los profesores o letreros. Y también con la mente.”	Se recurre al conocimiento de otras personas como los profesores para orientarse. Se intuye que otra forma de orientación es posible por medio del uso de letreros, pero no se sabe si estos letreros tienen un texto escrito, un símbolo o un dibujo que le signifique algo al estudiante, o que represente alguna acción.	Si bien no se menciona la palabra tiempo, se podría intuir que al decir “ <i>algunas personas llevan más en el colegio</i> ”, los estudiantes relacionan el <b>espacio conocido</b> con el <b>tiempo vivido</b> , manifestando que una persona conoce mejor un espacio si ha pasado más tiempo en él, un tiempo que se constituye como <b>tiempo personal</b> .
		Pregunta 2: “Con el tacto podríamos ubicar objetos”	A nivel perceptual, el sentido del tacto parece tener más importancia a la hora de ubicar objetos, después del sentido de la vista.	Además, se aprecia cómo el sentido del tacto también es importante para ellos a la hora de orientarse y ubicar objetos en un espacio determinado.
2	6º	Pregunta 1: “Nosotras nos orientamos gracias a los elementos que hay en el colegio (árboles, salones, lago, etc.) y así saber dónde estamos.”	Estas estudiantes también usan objetos concretos como puntos de referencia para ubicarse en el colegio.	Se liga la idea de espacio a objetos concretos <b>contenidos</b> dentro de este, los cuales facilitan la orientación. Dichos objetos son percibidos a través de los <b>sentidos</b> , principalmente el tacto y la visión, lo cual permite conocer su organización en el espacio.
		Pregunta 2: “Por el sentido del tacto. Si soy organizada sé dónde está y lo diferencio por el tacto.”	Además emplean el sentido del tacto así como los recuerdos de la organización de los objetos dentro de un espacio dado.	El hecho de ya conocer un <b>espacio físico</b> dado, facilita su recorrido haciendo uso de <b>sentidos</b> como el tacto, en tanto los recuerdos o la memoria permiten obtener una organización mental del espacio y de los objetos que en él se encuentran.
3	7º	Pregunta 1: “Uso 4 puntos: la cancha de fútbol, la choza, oficinas y cancha de voleibol. Esos 4 son esquinas y el otro es la cafetería.”	Este estudiante es un poco más específico que los demás pues requiere particularmente de 4 <b>puntos de referencia</b> para orientarse y uno de apoyo, los cuales son lugares representativos del colegio. Debido a la ubicación de los mismos, al parecer trató de imaginarse una especie de cuadrado en cuyas esquinas se encuentran estos lugares.	El estudiante manifiesta una idea de <b>espacio estructurado u organizado</b> , en el cual es posible ubicarse a través de los lugares que en él se encuentran. Además, debido a la utilización de 4 puntos de referencia, se intuye la concepción de un <b>espacio bidimensional</b> , en cuya superficie es posible ubicar objetos con base en esos 4 puntos.

GRUPO	CURSO	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
		Pregunta 2: “Por la ecolocación y los sentidos.”	Con respecto a los sentidos, habla de ellos en general pero agrega una forma de ubicación referente a la ecolocación o ubicación por medio de sonidos, tal vez recordando algún tipo de información abordada en clase o presentada en algún programa de televisión.	Al parecer, el espacio posee ciertas características que le permiten al estudiante interactuar con él a través de los sentidos y de ciertas técnicas que potencian el uso de sentidos como la audición. Esto es posible pensando el espacio físico e inmediato a la persona, de modo que se facilite la interacción con los sentidos.
4	8º	Pregunta1: “Coordinación, la oficina de Beatriz (vicerrectora), la montaña, la cancha de voleibol, la portería, la biblioteca, indicándole donde queda.”	Así como en los casos anteriores, al momento de orientarse en el colegio es indispensable el uso de los lugares más importantes del mismo o aquellos a los que constantemente se hace referencia, sin desconocer la necesidad del uso del lenguaje por medio de indicaciones, aunque no se identifica si este lenguaje es oral o corporal.	Dentro del espacio existen <b>lugares icónicos</b> o <b>representativos</b> por su vistosidad o por la importancia que poseen dentro de un cierto contexto. Dichos lugares poseen la función de marcos de referencia.
		Pregunta 2: “Por medio del tacto, el olfato, por medio del oído y por medio de la memoria.”	A diferencia de los otros grupos, estos estudiantes indican que no sólo se usa el tacto a la hora de orientarse sin la visión, sino que también es posible usar el olfato y el oído, así como los recuerdos que se tengan del lugar.	Los otros <b>sentidos</b> , a excepción del sentido del gusto, también son necesarios en el reconocimiento del espacio y de lo que en él se encuentra, aunque no hay claridad en cuanto a cómo emplearlos. Vuelven a ser relevantes las representaciones mentales que se tengan del espacio.
5	9º	Pregunta 1: “La cancha de voleibol, la portería, la montaña, las preposiciones.”	Para estos estudiantes, la orientación y ubicación dentro del colegio es posible usando los lugares más representativos del mismo, sin embargo, se rescata el uso del lenguaje para orientar a otra persona.	Se podría decir que el espacio para este grupo, es un <b>conjunto de lugares conocidos</b> o representativos, los cuales puede ubicar otra persona con ayuda del lenguaje y de expresiones como ante, abajo, entre, hacia, hasta, tras, etc.
		Pregunta 2: “Pues podría usar mis manos para ubicarme y también podría recordar el lugar (mi cama, al frente, muebles y ahí”	Al igual que los demás grupos, para éste el tacto es indispensable para orientarse dentro de un lugar sin ayuda de la visión, aunque también reconocen la necesidad de la memoria y los recuerdos.	También se ve que es posible reconocer un espacio no solo a través de los sentidos como el tacto, sino también a través de las <b>representaciones mentales</b> que se hayan formado del mismo, las cuales en este caso parece que hacen referencia

GRUPO	CURSO	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
		<i>están mis llaves). La memoria fotográfica.”</i>		explícitamente a imágenes del espacio recordadas por ellos.
6	10 <sup>o</sup>	Pregunta 1: <i>“Como ya conozco el lugar me ubico y sé hacia dónde están estos sitios y uso puntos como las porterías para saber para donde voy, pues sé exactamente dónde estoy.”</i>	Se hace referencia a un conocimiento previo del lugar, que le permite a los estudiantes saber con “exactitud” dónde se encuentran. Además emplean para ello puntos de referencia, es decir, lugares específicos con los cuales identifiquen fácilmente hacia donde van.	Se percibe la idea del <b>espacio</b> como un <b>lugar</b> en el que se encuentran algunos lugares referentes y en el que es posible moverse haciendo uso de dichos lugares de referencia. Para ello se requiere de un conocimiento previo del espacio en donde se encuentre y este es posible aprenderlo a través de sentidos como el tacto.
		Pregunta 2: <i>“Tocando los muebles y reorganizando la ubicación de los objetos como los ciegos.”</i>	El sentido del tacto es importante también a la hora de ubicarse en un lugar conocido, pero este grupo manifiesta además la posibilidad de modificar la organización de los objetos.	El espacio evidenciado aquí es un <b>espacio físico</b> que <b>contiene</b> objetos sobre los cuales los estudiantes pueden actuar, <b>cambiándolos de posición</b> dentro del mismo espacio. El reconocimiento de ese espacio a través de otros sentidos se hace más fácil si ya se ha tenido una experiencia previa con el mismo.
7	10 <sup>o</sup>	Pregunta 1: <i>“Primero con puntos de referencia identificar sur, norte, este y oeste.”</i>	Aquí los puntos de referencia que emplea para la orientación ya no son concretos como en todos los casos anteriores, estos puntos son abstractos y corresponden a los 4 puntos cardinales.	Parece surgir nuevamente la idea de un <b>espacio bidimensional</b> , en el que se pueden identificar 4 puntos de referencia, es decir, los 4 puntos cardinales. Esta idea de espacio es un poco más <b>abstracta</b> ya que los estudiantes no hacen referencia al uso de objetos materiales para la orientación.
		Pregunta 2: <i>“Con el tacto con el olor y con un bastón.”</i>	También emplean el tacto para orientarse en un lugar conocido, ya sea con su propio cuerpo o con ayuda de un objeto como un bastón, pero además manifiestan la necesidad de usar otros sentidos como el olfato.	Los sentidos del tacto y el olfato siguen siendo fundamentales en el reconocimiento del espacio.

Se distingue cómo los estudiantes construyen representaciones mentales de los espacios que habitan siempre a través de los sentidos, principalmente la visión y el tacto, pero para ello es indispensable hacer uso de los objetos que en él se encuentran, los cuales se constituyen en puntos de referencia que facilitan la tarea de orientarse y ubicar objetos. No obstante, no en todos los casos se piensan los puntos de referencia como entes materiales, pues en el caso de los educandos de cursos superiores (Grupo 7), se empieza a indicar la presencia de puntos de referencia imaginarios como los puntos cardinales, hecho favorecido por su conocimiento y experiencia escolar.

Sin embargo, se aprecia cómo algunos estudiantes de 8<sup>o</sup> y 9<sup>o</sup> (Grupos 1, 4, 5) a diferencia de los demás, le dan importancia al lenguaje para expresar a otras personas la ubicación de ciertos lugares u objetos. En otras palabras, para estos estudiantes es indispensable también el uso del lenguaje acompañado de ciertos modos de hablar como el oral y el gestual, para establecer una especie de sistema de referencia con el que se indique a otras personas cómo orientarse, cómo ubicar objetos o hacia dónde dirigirse. No obstante, es recurrente observar cómo de esta actividad se desprende una concepción de espacio bidimensional pues para los estudiantes basta imaginarse el Espacio como un plano que contiene a los objetos.

### **6.1.3 Actividad 3: Caminando a ciegas por el colegio**

Para esta actividad se planteó una situación en donde a partir de una actividad experiencial recorriendo una pista de obstáculos, los estudiantes debían dialogar entre sí sobre la mejor forma de solucionar el problema propuesto que consistía en lo siguiente: Recorre con tu compañero la pista de obstáculos con los ojos abiertos. Luego, escriban una serie de instrucciones, basados en lo que observaron, que le permita a una persona ciega pasar la pista de obstáculos *sin tropezarse*, guiándose únicamente con la lectura que un compañero haga de las mismas, sin necesidad de tener contacto físico. Finalmente uno de los dos deberá vendarse los ojos y poner a prueba las instrucciones. De esta manera, a continuación se muestran los testimonios gráficos y escritos (Tabla 15 y Tabla 16), así como los hallazgos relacionados con los conceptos de Espacio y Tiempo, los cuales permitieron observar la manera como los educandos se enfrentaron al problema de atravesar una pista de obstáculos con los ojos vendados.

**Tabla 15. Testimonios recolectados de la actividad 3, en la pista de obstáculos.**

TESTIMONIO	DESCRIPCIÓN	ESPACIO Y TIEMPO
	<p>Con ayuda de los docentes de Educación Física se instaló una pista de obstáculos en la zona verde del colegio, la cual consistía en un camino marcado por cuerdas y palos de escoba, a través del cual los estudiantes debían sortear una serie de obstáculos (cuerdas) ubicados a baja y media altura. Durante el recorrido los estudiantes no debían tocar ningún elemento de la pista. Así, los estudiantes pasaron la pista de obstáculos inicialmente con los ojos abiertos, de modo que lograran reconocer visualmente sus características.</p>	<p>Puesto que las actividades anteriores han mostrado que la percepción del espacio por parte de los estudiantes se da principalmente haciendo uso del sentido de la visión, el primer recorrido por la pista se hizo con los ojos abiertos, a fin de que lograran memorizar algunas características claves de la pista. Esto les ayudó a identificar que no sólo debían moverse hacia delante, detrás y los costados, sino también que debían mover algunas partes de sus cuerpos hacia arriba y hacia abajo.</p>
	<p>Luego de recorrer la pista con los ojos abiertos, los estudiantes trabajaron en parejas escribiendo una serie de instrucciones con las cuales lograran indicarle a un compañero con los ojos vendados cómo atravesar la pista de obstáculos. Dichas instrucciones fueron puestas a prueba por los educandos. Para muchos de los estudiantes de grados 6º, 7º y 8º era complicado seguir las instrucciones verbales de los compañeros por lo que debían recurrir al contacto físico para coordinar los movimientos. Esto mostraba que el sentido del tacto era más importante que la audición.</p>	<p>En este punto de la actividad se pretendía que los educandos empezaran a usar los demás sentidos, especialmente el de la audición, así como el lenguaje para expresar correctamente las acciones que debían realizar para cruzar la pista de obstáculos. Con ello se buscaba agudizar la percepción y la representación que ellos lograran hacer del espacio que estaban recorriendo.</p>
	<p>Puesto que los estudiantes ya habían recorrido la pista con los ojos abiertos, los recuerdos que generaron a partir de dicho ejercicio también les permitieron sortear la pista de obstáculos con los ojos vendados, ya que ello contribuyó a que se formaran una representación mental de ciertas partes de la pista. Los estudiantes de 10º y a diferencia de los más pequeños, utilizaban un poco más el lenguaje no sólo verbal sino también gestual (movimiento de manos y brazos) para coordinar con su compañero las posibles acciones a realizar, usando más recurrentemente palabras como arriba, abajo, derecha, izquierda, delante, detrás.</p>	<p>En el ejercicio de reconocer el espacio que estaban recorriendo, los estudiantes de cursos superiores empleaban con mayor facilidad el lenguaje para expresar en cierto modo la topología del mismo. Estos estudiantes aparentemente reconocían mejor la tridimensionalidad del lugar pues en sus instrucciones manejaban las direcciones horizontales y verticales. De este modo trataban de ser más precisos a la hora de dar indicaciones.</p>

Aunque los estudiantes ya habían escrito sus propias instrucciones, al momento de ponerlas a prueba se dieron cuenta de las falencias que poseían y decidieron cambiarlas durante la actividad, sin embargo, muchos de ellos olvidaban que su compañero tenía los ojos vendados por lo que decían frases como: “*córrase un poquito*”, “*Gire otro poquito*”, “*levante el pie a media altura*”, etc. En ese momento fue necesaria la intervención de los docentes para hacer referencia a los inconvenientes de estas instrucciones, de modo que los estudiantes lograran mejorar las indicaciones dadas.

En esta actividad surgen de nuevo las ideas de un espacio *tridimensional* y *bidimensional* ligadas a la idea de *espacio personal*, pues la limitación del espacio físico obligaba a los estudiantes a reducir el tamaño de su espacio personal, haciendo movimientos mejor coordinados y más precisos a fin de evitar tocar los objetos de la pista. No obstante, los estudiantes de mayor edad manejaban más fácilmente el espacio personal en tres dimensiones mientras que a los más jóvenes se les dificultaba un poco más, por lo que terminaban dando soluciones correspondientes a la idea de un espacio personal bidimensional. En este sentido, la interacción de la persona con su entorno, con los objetos y con los demás, a través de los sentidos y el lenguaje, determina la manera en cómo ella representa el Espacio y cómo se orienta frente a él.

Finalmente en la Tabla 16 se muestran los testimonios escritos de los estudiantes en donde se evidencian las instrucciones que elaboraron luego de recorrer la pista y que permiten empezar a distinguir aspectos relevantes de los modos de hablar que ellos manifiestan sobre el Espacio y el Tiempo, los cuales no se encontraban presentes durante el desarrollo de la actividad, ya que en estos escritos se observa cómo los educandos hacen referencia a un modo de hablar sobre el Espacio en relación con su carácter *métrico*, pues dentro de dicho Espacio es posible movilizarse siguiendo instrucciones precisas con las cuales se puede determinar cuánto moverse y en qué dirección. Dicha concepción es más evidente en los educandos de 9º y 10º quienes manejan un poco mejor la medida de ángulos para las rotaciones y las unidades métricas para las distancias. Los estudiantes de 6º, 7º y 8º son más prácticos en el sentido de que aprovechan su propio cuerpo para determinar las medidas a usar.

Tabla 16. Comentarios a las instrucciones escritas elaboradas por los estudiantes luego de atravesar la pista de obstáculos sin vendarse los ojos.

GRUPO	CURSO	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
1	6°	<i>“Primero eleva el pie y estíralo hacia el frente y agáchate, después muévete hacia el lado donde posaste el pie anterior, pasa el otro pie y te pones derecho, das 3 pasos y eleva el pie y luego pasa el otro pie, dar 2 pasos, luego elevar el pie, te agachas con cuidado y pasa el otro pie, te pones de pie, levantas un pie a tu lado derecho y pasa el otro.”</i>	Se aprecia que los estudiantes requieren del uso de direcciones y del número de pasos que deben dar al moverse dentro de la pista de obstáculos. Tratan de ser un poco más específicos indicando los movimientos verticales que se deben realizar.	Se intuye un <b>espacio tridimensional</b> en donde es necesario el uso de un tipo de métrica para indicar cuánto se debe avanzar. Preposiciones como después y anterior, así como el tiempo de escritura, indican una idea de temporalidad referente al <b>presente</b> y al <b>pasado</b> de las acciones.
2	6°	<i>“Hay como 20 líneas (cuerdas) tendremos que agacharnos por el piso donde puede ser fácil, hay una X en cuerdas y tendremos que esquivar un aro en el piso y nos levantamos.”</i>	Se observa un intento de simplificar el problema tratando de identificar los objetos que componen la pista, sin embargo optan por arrastrarse en el primer tramo.	Esta estrategia le permite al educando imaginarse un <b>espacio bidimensional</b> que facilita las acciones que debe realizar para moverse dentro de la pista. En este caso se hace referencia a acciones <b>futuras</b> .
3	7°	<i>“Te agachas, metes el pie derecho, 3 pasos, alza el pie y un paso, agáchate, un paso hacia la izquierda alzando el pie, un paso hacia la derecha alzando el pie, agacharse y dar un paso. <b>Corrección:</b> Agacharse, pie derecho y después el izquierdo, 3 pasos adelante, giras el pie derecho y luego el izquierdo, 2 pasos, pasas un pie y luego te agachas y pasas el otro, pasas un pie, un paso a la izquierda y luego lo mismo a la derecha, agáchate, agáchate a la derecha, agáchate levantando los pies 2 veces.”</i>	Se observa cómo empiezan a identificar mejor la necesidad de usar las direcciones y el número de pasos que deben dar al moverse dentro de la pista de obstáculos. Tratan de ser un poco más sistemáticos con el trabajo, lo cual se evidencia en la corrección hecha del primer intento.	Estas instrucciones permiten intuir que el ejercicio los lleva a considerar no sólo dos direcciones espaciales (derecha e izquierda), sino también una dirección vertical debido a que tienen que agacharse para pasar los obstáculos. Se ve mejor el carácter <b>métrico</b> del <b>espacio</b> al indicar el número de pasos que deben dar. Además se percibe una relación con el tiempo en el uso de preposiciones como después y luego, lo que indica una <b>sucesión</b> de hechos.
4	10°	<i>“Agacharse a media altura, levanta un pie, da 2 pasos, levanta el pie derecho, luego el izquierdo, al pasar da 3 pasos, se agacha a media altura y levanta los pies unos 30 cm, al pasar gira 90°, levanta el pie derecho a unos 40 cm, se vuelve a agachar, gira 90°, levanta los pies a 40 cm, al pasar se agacha y avanza.”</i>	Se nota un poco más de elaboración en las instrucciones, al querer indicar con más exactitud los pasos que se deben seguir para cruzar la pista de obstáculos. Se tienen en cuenta las tres dimensiones espaciales.	Se percibe una idea de <b>espacio tridimensional</b> puesto que no sólo se maneja lateralidad sino también verticalidad. Nuevamente surge la concepción de <b>espacio métrico</b> lo cual les permite hablar de distancias y giros en términos de centímetros y grados.

En esta actividad los estudiantes en su mayoría manifestaron a través de sus testimonios una cierta relación entre Espacio y Tiempo, pues para poder llevar a cabo las acciones dentro del *espacio limitado* por la pista, era indispensable seguir una serie de *acciones secuenciadas* realizadas en el pasado o en el presente, a excepción de un solo grupo que las proyectó hacia el futuro. De esta manera, se puede decir que para los educandos empieza a estar presente un *orden temporal*, que se encuentra estrechamente ligado a una *sucesión espacial*, la cual depende de la organización de la pista de obstáculos y de la manera en que se debía cruzar.

## **6.2 Momento 2: La orientación y la ubicación en la historia de la Astronomía**

El trabajo experiencial presentado en la sección anterior sentó las bases que apoyarían el segundo momento de la propuesta en el aula, en donde se plantearon nuevamente tres actividades a partir de una serie de discusiones que permitieron empezar a conceptualizar el Espacio y el Tiempo desde la experiencia de los estudiantes, desde el diálogo entre educandos y profesores y desde el estudio de algunos hechos históricos que marcaron el avance de la Astronomía, sobre todo en lo referente a las técnicas de orientación y ubicación. Dichas actividades llevaron como título: *Los modos de orientarse y de ubicar objetos en la antigüedad, Astronomía antigua: Ubicando estrellas en el cielo nocturno, y Observando el cielo nocturno desde el jardín de la casa.*

Así, para la realización de las actividades fue imprescindible la participación de docentes del área de Ciencias Sociales e Historia de la institución educativa, pues ellos aportaron importantes ideas que fortalecieron y reorientaron las actividades en el aula. En este sentido, los testimonios y hallazgos de este momento se describen como sigue.

### **6.2.1 Actividad 1: Los modos de orientarse y de ubicar objetos en la antigüedad**

Durante esta actividad se organizó una charla con los maestros de Física y Filosofía, sobre algunos de los métodos de orientación y ubicación más representativos en la Astronomía de la antigüedad, teniendo en cuenta para ello ciertas concepciones acerca del cielo y del universo elaboradas por civilizaciones pasadas como la griega y la maya. La actividad

contó con el apoyo del docente de Filosofía Freddy Cárdenas y en ella se proyectó el video “*La Astronomía del Pasado*” el cual se encuentra publicado en el blog del Club de Astronomía<sup>8</sup>. Se esperaba que los estudiantes empezaran a pensar en el problema de la orientación y la ubicación de objetos en el cielo sin ayuda de instrumentos de medida. De esta manera, los testimonios de los educandos fueron recolectados a través de grabaciones de audio, las cuales permitieron reflexionar sobre los modos de hablar orales de los estudiantes en relación al Espacio y al Tiempo. Así, la actividad se inició con un conversatorio donde se indagó sobre las impresiones de los educandos en relación con las experiencias pasadas; con sus respuestas los estudiantes manifestaron la necesidad de usar los sentidos en su totalidad a la hora de realizar actividades de orientación, pues al no poder percibir el entorno inmediato a través de todos los sentidos, no es posible para ellos delimitar su *espacio personal* de forma precisa, lo que genera inseguridad al no tener un conocimiento claro de lo que les rodea.

En sus respuestas se apreciaba además el carácter *métrico* que le conferían al Espacio, el cual según los estudiantes facilita recorrer un lugar sin ayuda del sentido de la vista, pues aunque se reconozcan las dimensiones espaciales (se asumen las *tres dimensiones*) esto no es suficiente para poder movilizarse, por eso para ellos también era importante tener en cuenta puntos de referencia imaginarios como los puntos cardinales, así como ciertos instrumentos ópticos como los telescopios que pueden mejorar la percepción a la hora de explorar el Espacio.

Por tal motivo se les preguntó a los estudiantes “*¿Cómo observaban los astrónomos antiguos los cuerpos celestes sin necesidad de instrumentos?*”, a lo cual algunos estudiantes respondieron recurriendo a un tipo de conocimiento escolar en tanto indicaban que en épocas antiguas “*se miraba al cielo a simple vista, porque no había contaminación lumínica*”. Lo anterior permitió poner en contexto la proyección del video para después discutir algunos elementos como se ilustra a continuación (Tabla 17). En este caso la participación de los estudiantes fue más reducida ya que sólo entraban en la discusión constantemente un estudiante de 6º, uno de 9º y uno de 10º.

---

<sup>8</sup> Se puede acceder al video a través del siguiente link: <https://balamclub.wordpress.com/2013/04/13/la-astronomia-en-la-antiguedad/>

Tabla 17. Testimonios recolectados a partir del video “La Astronomía del pasado”.

PARTICIPANTE	TESTIMONIO	COMENTARIO
<b>Profesor Física</b>	<i>“¿Qué pueden concluir acerca del video?”</i>	Se trajo nuevamente la atención de los estudiantes para empezar a discutir sobre los aspectos más relevantes del video proyectado y que permitieran a los educandos apreciar algunos elementos sobre orientación y ubicación.
<b>Estudiante 9°</b>	<i>“Las ideas sobre el universo han cambiado a través del tiempo y del lugar donde estuvieran ubicadas las culturas”</i>	El estudiante muestra que las ideas que se tengan del universo van a depender tanto del <b>tiempo</b> como del <b>espacio</b> en el que se encuentren inmersas las personas.
<b>Profesor Filosofía</b>	<i>“Entonces, ¿por qué los egipcios concebían el mundo diferente a como lo concebían los hindús por ejemplo?”</i>	Si la concepción del universo dependen del lugar y del tiempo, entonces se esperaba que los educandos empezaran a dar cuenta de qué otros factores intervenían en la construcción de tales concepciones.
<b>Estudiante 6°</b>	<i>“Sus creencias, la religión,...”</i>	El estudiante manifiesta que en tales aspectos son importantes también las creencias, entre ellas la religión.
<b>Estudiante 9°</b>	<i>“La ubicación geográfica, porque un hombre se desarrolla a través de su entorno”</i>	Esta respuesta resulta bastante interesante ya que muestra una estrecha relación entre la persona y el <b>espacio externo</b> , en tanto este último influencia en las percepciones y por ende en el desarrollo de los individuos.
<b>Estudiante 10°</b>	<i>“Ellos explicaban el mundo a través de una forma fantástica.”</i>	En la respuesta de este estudiante se evidencia cómo recurre a información y conocimiento construido a través de la escuela, tratando de hacer referencia a los mitos y leyendas que empleaban antiguas culturas para dar cuenta de su entorno.
<b>Estudiante 9°</b>	<i>“Además cada uno lo explica desde su punto de vista”</i>	La forma de percibir el universo, así como el espacio y el tiempo, dependen además del punto de vista de las personas, asumido este como los modos de pensar tales conceptos desde la experiencia y la interacción con otras personas.
<b>Profesor Física</b>	<i>“Por eso en las actividades de las sesiones anteriores cada uno de ustedes respondía de forma distinta a las situaciones, porque cada quien percibe el entorno de forma diferente a los demás”</i>	Así se procuró mostrar a los estudiantes cómo esa percepción sensorial permite que cada persona construya criterios de valoración, así como modos de pensar distintos, con los cuales es posible establecer diferentes significados.

Es interesante apreciar cómo los estudiantes reconocen que las ideas sobre Espacio y Tiempo son dependientes del lugar y de la época, pues se encuentran vinculadas a hechos históricos, a avances tecnológicos o sociales y a las creencias tanto de corte filosófico como religioso, las cuales a su vez están relacionadas con las percepciones propiciadas por la interacción con el entorno, las condiciones geográficas del mismo y los objetos que allí se encuentren. Estas ideas enriquecidas con la perspectiva brindada desde las Ciencias Sociales, permitieron reorganizar el trabajo y con base en lo discutido, proponer actividades que relacionaran las del primer momento con aspectos de la orientación y la ubicación de cuerpos celestes.

### 6.2.2 Actividad 2: Astronomía antigua. Ubicando estrellas en el cielo nocturno

Se discutieron con los estudiantes los elementos claves que dieron paso a la Astronomía de posición y a la creación de formas de medida que empleaban partes del cuerpo humano con el fin de ubicar objetos. Así, los educandos a través de un taller escrito, debían resolver una serie de situaciones propuestas, pensando en diferentes formas de medir distancias y posiciones relativas de objetos en el cielo nocturno, para luego contrastar sus soluciones. Así, los estudiantes debían resolver individualmente las siguientes preguntas: 1) Si tuvieras que ubicar una estrella en el cielo sin aparatos de medición ¿qué métodos usarías para tal fin? ¿Cómo los emplearías?, y 2) para ubicar las estrellas en el cielo ¿podríamos usar nuestro cuerpo? ¿Qué otras cosas del entorno crees que necesitamos para determinar la posición de una estrella? ¿Cómo las usarías? Las respuestas más relevantes se presentan a continuación (Tabla 18) con su respectivo comentario.

En estos testimonios es recurrente apreciar cómo los modos de hablar de los educandos en su mayoría se refieren a un espacio *bidimensional*, ya que en las situaciones propuestas parecen percibir el cielo como un plano sobre el cual es posible ubicar las estrellas sin necesidad de una tercera dimensión (Est. 1, 2, 5). Este espacio se puede organizar a partir de ciertos puntos de referencia imaginarios como los puntos cardinales. En este sentido el espacio *personal* de los estudiantes, referido en la mayoría de los casos al espacio *habitado*, entra en interacción con el espacio *físico externo*, pues a partir de dichos puntos de referencia imaginarios, algunos educandos orientan su cuerpo para lograr determinar la posición de la estrella (Est. 2, 3, 5).

Tabla 18. Respuestas de los estudiantes en la actividad 2 del momento 2.

EST.	CURSO	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
1	6º	Pregunta 1: “Por su iluminación, una posición cardinal y un punto de referencia”	En la ubicación de una estrella en el cielo se hace importante su brillo, los puntos cardinales y los puntos de referencia que al parecer pueden ser otros objetos del entorno.	Se aprecia una idea de <b>espacio estructurado</b> que se puede organizar usando puntos cardinales, sin embargo se queda en una perspectiva <b>bidimensional</b> pues no hace referencia a una tercera dimensión que dé cuenta de la altitud de la estrella.
		Pregunta 2: “Con la vista, podría poner un objeto en el piso y que ahí se encuentre o se ubique una estrella”	El uso del sentido de la visión, apoyado con la utilización de objetos externos, es indispensable a la hora de ubicar una estrella en el cielo sin ayuda de instrumentos de medida.	Se encuentra presente la idea de un espacio en donde tienen lugar una serie de objetos que pueden servir como referentes para la ubicación de la estrella
2	7º	Pregunta 1: “ubicaría los puntos cardinales con ayuda de una brújula”	Aquí aparece el uso de instrumentos de medida (brújula) a pesar de que se les solicitó que pensarán en la situación sin recurrir a ellos. No obstante, esto indica que para este estudiante los puntos cardinales también son indispensables en la ubicación de estrellas.	El hecho de poder ubicar puntos de referencia imaginarios a través de instrumentos de medida, indica que existe una idea de un <b>espacio métrico y físico</b> aunque parece que aquí tiene un carácter <b>bidimensional</b> .
		Pregunta 2: “Sí, la posición, me pararía en un punto determinado.”	Para poder usar su cuerpo como referente el estudiante indica que debe situarse en un punto fijo, tal vez para que la medición de la ubicación de la estrella sea más precisa.	El <b>espacio personal</b> y el <b>espacio físico</b> externo se confunden haciéndose uno solo a partir del cual el estudiante puede determinar la posición de la estrella.
3	7º	Pregunta 1: “me sentaría en una silla dentro de mi casa, viendo en la ventana la estrella. Pegaría una hoja de papel milimetrado poniendo la estrella en el punto o (cero). Al siguiente día la vería desde el mismo punto”	El estudiante pone en juego otros escenarios reconocidos por él como su casa, estableciendo así un marco de referencia estático desde el cual pueda realizar su observación. El sentido de la vista es necesario aquí. Luego propone la utilización de elementos básicos (hoja milimetrada) como instrumentos de medida, así como un sistema de referencia imaginario en donde la posición de la estrella la marca el punto	Dentro de su <b>espacio personal</b> , el estudiante reconoce lugares con los cuales interactúa constantemente (hogar) y que se constituyen en marcos de referencia inerciales desde los cuales puede hacer observaciones del <b>espacio físico externo</b> . Sin embargo, es consciente de la necesidad de tener un sistema de referencia (plano cartesiano) e instrumentos de medida (hoja milimetrada) por medio de los cuales pueda realizar <b>mediciones</b> sobre el espacio, acerca

EST.	CURSO	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
			cero. Manifiesta la posibilidad de cambios en la posición de la estrella en intervalos de tiempo de un día.	de la posición de los cuerpos. El <b>tiempo</b> se percibe como <b>cíclico</b> puesto que la observación debe hacerse todos los días bajo las mismas condiciones.
		Pregunta 2: “Lo que está al alcance, creando referentes de posición con la medida en magnitudes dependiendo del objeto.”	Trata de ser recursivo indicando que los objetos del entorno de fácil alcance, pueden ser utilizados para determinar la posición de la estrella empleando medidas o magnitudes según el tipo de objeto usado.	Parece que el espacio se percibe como un lugar que <b>contiene</b> objetos, los cuales pueden ser utilizados como herramientas para la medición, en este caso de posiciones.
4	9º	Pregunta 1: “En la ventana la señalaría y cada noche me daría cuenta qué ocurre con ella”	Este estudiante emplearía marcos de referencia más concretos como una ventana, por medio de la cual puede <i>señalar</i> la ubicación de la estrella en el firmamento. Sin embargo introduce el factor tiempo, pues a diferencia de los demás espera observar cambios con el paso de los días.	Se aprecia una idea de espacio ligada a marcos de referencia que permiten dar cuenta de la ubicación de los objetos. Existe además una idea de <b>tiempo cíclico</b> pues debe realizar observaciones repetitivas, todas las noches, a fin de encontrar cambios de posición de la estrella.
		Pregunta 2: “Sí, también podríamos usar otros puntos de referencia como la luna y otros objetos, los usaría con cm”	Aunque afirma que se pueden ubicar estrellas con el uso de las partes del cuerpo, no indica cuáles partes emplearía ni cómo las emplearía. Sin embargo resalta el uso de otros cuerpos de referencia, no necesariamente fijos, así como el uso de unidades de medida de distancias como los centímetros.	Se aprecia la idea de espacio que <b>contiene</b> objetos representativos o llamativos que sirven como referentes a la hora de ubicar cuerpos en el cielo. Se observa también una idea de <b>espacio métrico</b> en donde se pueden medir distancias relativas a ciertos objetos del entorno.
5	9º	Pregunta 1: “ubicando mentalmente los cuerpos celestes con ayuda de los puntos cardinales y midiendo el tiempo con una especie de reloj para saber cómo y cuándo se mueve”	Las representaciones mentales que se tienen de los cuerpos celestes y de los puntos cardinales son factores claves en el ejercicio de ubicar estrellas. Para este estudiante también resulta necesaria la medición del tiempo puesto que reconoce el movimiento aparente de las estrellas en el cielo, lo que hace que su ubicación no sea la misma siempre.	El <b>espacio físico</b> se organiza a partir de puntos de referencia imaginarios como los puntos cardinales, lo que indica una idea de <b>espacio bidimensional</b> . En cuanto al <b>tiempo</b> , para el educando este resulta ser <b>métrico</b> puesto que se puede medir con relojes y permite además determinar la ubicación de la estrella a medida que se mueve en el espacio del cielo.

EST.	CURSO	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
		Pregunta 2: <i>“Pues de pronto, porque el cuerpo está en constante movimiento, pero como el planeta se mueve no estará la misma estrella que hace una semana”</i>	El estudiante no descarta del todo la posibilidad de ubicar estrellas con partes del cuerpo, pero además indica nuevamente el inconveniente que se presenta debido al movimiento de la Tierra, lo cual hace que las estrellas no mantengan la misma posición, es aquí donde se evidencia la presencia del factor tiempo.	La idea de movimiento aparente muestra que la ubicación de la estrella en el espacio no será la misma a medida que transcurre el tiempo. Por eso se deduce que para determinar la posición de una estrella en el cielo no sólo basta con ubicarla espacialmente sino también temporalmente.
6	10 <sup>o</sup>	Pregunta 1: <i>“primero observo una estrella o más si las hay y luego al otro día a la misma hora y si se encuentran en el mismo lugar ahí ya la ubiqué”</i>	El estudiante muestra que lo primero que se debe hacer es observar, luego el sentido de la vista es necesario. Para ubicar la posición de una estrella emplea como referentes otras estrellas y además tiene en cuenta el tiempo en el que se realiza la observación.	En la percepción del espacio y de los objetos que en él se encuentran, se hace indispensable el sentido de la vista, así como los demás cuerpos que se encuentran alrededor. A diferencia de los demás, el estudiante no tiene en cuenta los objetos del espacio terrestre sino las estrellas que se encuentran en el espacio celeste. Asimismo, la idea de tiempo se corresponde con la de <b>tiempo cíclico</b> , en tanto debe realizar acciones repetitivas, asumiendo que la posición de la estrella se mantiene igual.
		Pregunta 2: <i>“sí lo podemos usar pero debemos acordarnos exactamente dónde nos ubicamos, podríamos usar en mi casa el escape de la chimenea, en un mismo lugar ahí observo hasta arriba y ubico una estrella”</i>	Para el estudiante es posible usar el cuerpo siempre y cuando se encuentre en la misma posición; aparecen lugares representativos para él que usa como puntos de referencia fijos y a través de los cuales ubica la estrella observándola.	Puesto que se asume un <b>tiempo cíclico</b> donde la posición de la estrella vuelve a ser la misma con el pasar de los días y las horas, es necesario que el cuerpo ocupe siempre el mismo espacio, lo cual garantiza realizar una observación más precisa, teniendo en cuenta lugares espaciales muy representativos dentro del entorno habitado por el educando.

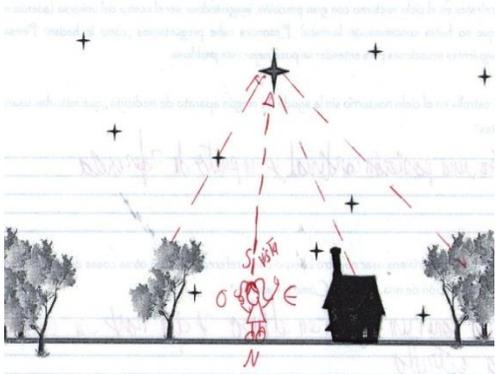
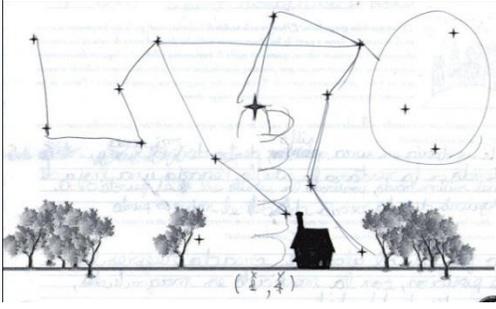
Dentro del Espacio es posible para los estudiantes encontrar objetos que pueden ser utilizados a beneficio propio, pues permiten determinar la ubicación de una estrella; tales objetos son concretos y suelen ser parte de los lugares que frecuentan o habitan, además se deduce que son indispensables pues ayudan a realizar mediciones que facilitan definir la posición de una estrella con más exactitud. En cuanto al Tiempo se observa que los estudiantes le dan un carácter *cíclico*, lo cual tal vez es condicionado en cierta medida por el tipo de situación propuesta, ya que los movimientos de los cuerpos celestes resultan ser periódicos y constantes, aspecto que no es novedoso para ellos. Sin embargo, llama la atención que algunos educandos consideran que la posición de una estrella será la misma después de un día (Est. 6), por lo que podrán encontrarla en la misma posición, siempre y cuando empleen objetos de referencia estáticos o fijos.

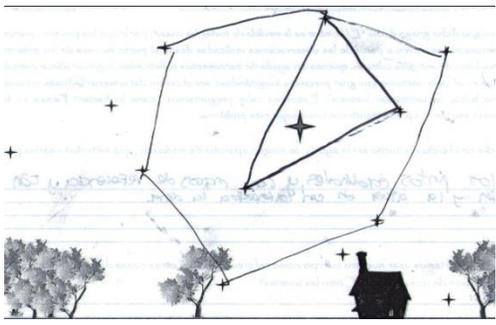
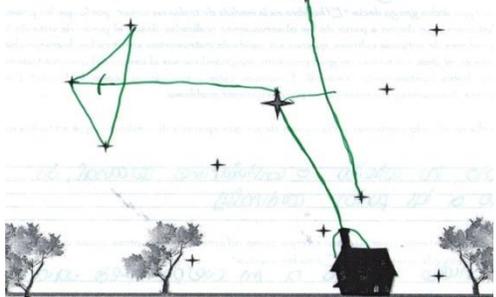
El movimiento aparente de las estrellas resulta ser la situación que favorece la relación directa de los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo por parte de los estudiantes, aspecto que no se había evidenciado en otras actividades. Así, en el espacio pueden existir para los estudiantes objetos en reposo o en movimiento, pero para la tarea de observar y ubicar cuerpos en el cielo son indispensables los objetos que se encuentran en reposo, de esta manera y realizando observaciones repetitivas del cielo, apoyados con dichos objetos, los educandos pueden establecer la posición de una estrella.

### 6.2.3 Actividad 3: Observando el cielo nocturno desde el jardín de la casa

Finalmente se les propuso a los jóvenes una situación hipotética a través de un dibujo en donde se representaba una estrella brillante en el cielo; con base en dicho dibujo, los estudiantes debían ilustrar cómo utilizarían las partes de su cuerpo y/o los demás objetos de la figura para determinar la posición de esa estrella. Los testimonios gráficos más sobresalientes, mostrados a continuación (Tabla 19), permiten apreciar cómo los estudiantes de los cursos de 6<sup>o</sup> y 7<sup>o</sup> principalmente, tienen en cuenta su posición dentro de un espacio personal en interacción con un espacio físico externo y el papel que ellos juegan en la tarea de determinar la ubicación de un objeto como una estrella, indicando la necesidad de emplear los sentidos, sobre todo el de la vista, para reconocer el espacio en el que se encuentran y así definir la posición del objeto, por eso se hace importante el papel que tienen como observadores.

Tabla 19. Testimonios gráficos elaborados por los educandos en relación con la ubicación de una estrella sin instrumentos de medida.

EST.	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
<p>1 (6°)</p>		<p>En el dibujo la estudiante se representa a sí misma con los 4 puntos cardinales a su alrededor, así como con 4 flechas apuntando hacia la estrella, de las cuales una de ellas sale de ella misma mientras las otras tres salen de otros objetos de la figura (casa y árboles), los cuales representan los puntos de referencia a los que la estudiante hacía referencia manifestados en la respuesta escrita del cuestionario anterior. También escribe en un costado la palabra “<i>vista</i>”, tal vez indicando la importancia de este sentido en la ubicación de la estrella.</p>	<p>Se percibe una idea de <b>espacio plano</b> y <b>organizado</b> con puntos de referencia, en donde la estudiante muestra dificultades a la hora de representar la ubicación de los puntos cardinales, sin embargo se aprecia una idea de <b>espacio personal</b> en interacción con el entorno, en tanto no sólo emplea los elementos u objetos del medio, sino que también se hace importante el papel que tiene ella como observadora, a fin de determinar la posición de la estrella. El sentido de la vista sigue siendo esencial en la percepción del espacio <b>físico</b>.</p>
<p>2 (7°)</p>		<p>Este dibujo es uno de los más interesantes puesto que el estudiante emplea diferentes formas de ubicar la estrella. Inicialmente dibuja una constelación con todas las estrellas, la cual tiene la forma de una persona y en el extremo de uno de los brazos coloca la estrella de interés, pero además, dibujó sus dedos de dos formas: 4 dedos que van de abajo hacia arriba teniendo como referente el suelo y la casa, y un dedo que marca la posición horizontal de la estrella, al final resume colocando la coordenada de la estrella en <math>x</math> e <math>y</math> usando el número de dedos empleados.</p>	<p>Se observa una idea de <b>espacio plano</b> y <b>métrico</b>, debido al uso de coordenadas cartesianas (una vertical y otra horizontal) para determinar la posición de la estrella, haciendo uso de objetos de referencia como la casa y de su cuerpo como instrumento de medida. De aquí se aprecia además la interacción entre el <b>espacio físico externo</b> y el <b>espacio personal</b> del estudiante, facilitado por los sentidos y por su cuerpo. La idea de espacio plano se aprecia también por el uso de figuras planas imaginarias dibujadas en el cielo a manera de constelaciones, lo particular es que dichas figuras poseen formas antropomórficas.</p>

EST.	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
3 (8°)		<p>Este estudiante no se dibuja a sí mismo y al parecer tampoco tiene en cuenta los objetos del entorno que se plasman en el diagrama. Sólo utiliza las estrellas que se encuentran alrededor de la estrella de interés, para dibujar al parecer dos constelaciones que encierran al cuerpo celeste, con lo cual le es posible ubicarlo fácilmente. Según muestra el dibujo, el estudiante trata de utilizar figuras planas geométricas.</p>	<p>Se aprecia una idea de <b>espacio plano</b>, evidente en el tipo de figuras empleadas para configurar constelaciones con las cuales determinar la posición de una estrella. Tales constelaciones son empleadas como objetos de referencia imaginarios que tienen lugar en el cielo.</p>
4 (9°)		<p>Haciendo uso de otras estrellas, la estudiante construye una constelación en forma de flecha, y además dibuja una línea que desde la chimenea de la casa hasta la estrella de interés. Así muestra la importancia de tener puntos de referencia como las mismas estrellas y los objetos del entorno.</p>	<p>La estudiante manifiesta una idea de <b>espacio plano</b>, puesto que usa figuras planas para configurar constelaciones, las cuales con ayuda de los objetos que se encuentran en el espacio físico, permiten determinar la posición de una estrella. Tales constelaciones son empleadas como objetos de referencia imaginarios que tienen lugar en el cielo.</p>
5 (10°)	 <p>esta en el lado izquierdo de la casa pero no se pasa del árbol N° 1</p>	<p>La estudiante usa los objetos del dibujo, particularmente la casa y uno de los árboles, trazando dos líneas verticales punteadas y escribiendo lo siguiente: “está en el lado izquierdo de la casa pero no se pasa del árbol N° 1”. Con esto delimita la región del cielo en donde puede estar la estrella aunque no es precisa al dar su ubicación.</p>	<p>El dibujo de la estudiante muestra una idea de <b>espacio continuo y limitado</b> que puede ser parcelado en ciertas regiones, con ayuda de los objetos que dentro de él se encuentran. Estos límites espaciales son imaginarios y facilitan la tarea de ubicar objetos.</p>

Dependiendo de la posición de los estudiantes en sus espacios personales, ellos pueden tener perspectivas distintas que les permiten ubicar la estrella de diversas formas. Los dibujos muestran un tipo de interacción entre los educandos y el *espacio externo*, a través de los objetos que sirven como instrumentos de medida, por lo cual se presenta una idea de *espacio métrico*. Los estudiantes imaginan líneas de referencia que ayudan a ubicar ciertos cuerpos. Los educandos de los cursos de 8<sup>o</sup>, 9<sup>o</sup> y 10<sup>o</sup> manifiestan un pensamiento un poco más abstracto puesto que tienden a caracterizar la posición del objeto a partir de objetos imaginarios como las constelaciones. Se evidencia cómo piensan más en el espacio físico externo y en los objetos que en él se encuentran.

Finalmente, una de las ideas más recurrentes es la de un *espacio plano*, esto tal vez influenciado por el tipo de situación, lo cual no permitió que los estudiantes tuvieran en cuenta una tercera dimensión. Además, no se aprecian ideas en torno al Tiempo, puesto que ninguno de ellos contempló el movimiento aparente de las estrellas lo que hace que cambien de posición en el tiempo, es por esto que se hizo necesario plantear otras actividades como las que se implementaron durante el momento 3.

### **6.3 Momento 3: Orientándonos y ubicándonos en el cielo nocturno**

Con base en los videos vistos con anterioridad, se generó una discusión con los estudiantes en torno a las concepciones de culturas antiguas sobre el cielo y por ende sobre el Espacio y el Tiempo. De esta manera se pretendía que los educandos apreciaran cómo a lo largo de la historia han surgido diversas formas de concebir el cielo nocturno y por qué hoy en día aún el cielo se sigue considerando como una esfera donde se encuentran las estrellas, esto con el fin de facilitar la comprensión de las técnicas empleadas para la ubicación de cuerpos celestes. Así se plantearon tres actividades: *Entonces, ¿cómo podemos ubicar una estrella en el cielo nocturno?*, *Orientación y ubicación mediante la carta celeste*, y *Orientación y ubicación con constelaciones y coordenadas*, con las cuales se buscaba generar más espacios de debate.

### 6.3.1 Actividad 1: Entonces ¿cómo podemos ubicar una estrella en el cielo nocturno?

Esta actividad se llevó a cabo en dos sesiones, durante la primera se realizó un debate sobre los videos y las actividades del momento 2, apoyados con el software Stellarium, mientras que en la segunda sesión se trabajó en torno al problema de la ubicación de estrellas, pero esta vez haciendo uso de instrumentos de medida. Los testimonios de los educandos fueron recolectados como se muestra a continuación (Tabla 20):

**Tabla 20. Testimonios de los estudiantes sobre la ubicación de estrellas en la antigüedad.**

<b>PARTICIPANTE</b>	<b>TESTIMONIO</b>	<b>COMENTARIO</b>
<b>Profesor de física</b>	<i>“La sesión pasada alcanzamos a ver una serie de videos sobre las distintas formas que tenían las culturas de ver los astros, el cielo, ¿recuerdan qué concepciones se tenían en la antigüedad del cielo o del universo?”</i>	Se inicia la sesión tratando de que los educandos recuerden lo hecho durante la actividad pasada y siempre comenzando con una pregunta que permita iniciar la discusión frente al tema de interés, en este caso, apreciar algunas de las representaciones más sobresalientes sobre el cielo y el universo.
<b>Estudiante 8°</b>	<i>“Para los egipcios el sol se llamaba Ra, que era el dios de todo.”</i>	El estudiante responde a la pregunta haciendo referencia a información del video y estudiada durante sus clases de historia, resaltando el nombre que le daban los egipcios a uno de sus dioses.
<b>Profesor de física</b>	<i>“Pero ¿qué concepción de universo tenía esa cultura por ejemplo?”</i>	No obstante, el estudiante no indica nada acerca de la concepción que tenían los egipcios sobre el universo, por ese motivo se repitió la pregunta.
<b>Estudiante 9°</b>	<i>“En el video más adelante hablaban que creían que la Tierra estaba en el centro del universo y que todo lo demás giraba alrededor de ella.”</i>	Esta estudiante trae a la discusión la imagen geocentrista del universo, lo que permitió que la discusión avanzara un poco más, ya que esta representación del cosmos es la base de los métodos de posicionamiento.
<b>Profesor de física</b>	<i>“Eso es importante, una concepción generalizada en la antigüedad era que la Tierra estaba en el centro del universo y el resto giraba en torno a ella. ¿Por qué creían eso?, ¿por qué era tan generalizada esa concepción?”</i>	Por lo anterior, se resalta el aporte de la estudiante y se continúa la discusión preguntando por el por qué de esa imagen de universo y cuáles creían los estudiantes que fueron los factores que la favorecieron, así se buscaba que empezaran a pensar sobre los elementos que permiten imaginar el espacio exterior.
<b>Estudiante 9°</b>	<i>“Tal vez porque ellos creían que todo giraba alrededor de ellos y no veían más allá, era su punto de vista.”</i>	La estudiante indica que una de las posibles razones se debe al punto de vista que se tenía en la antigüedad, argumentando que no podían ver otro tipo de cosas, como tal vez hoy se hace.

PARTICIPANTE	TESTIMONIO	COMENTARIO
<b>Profesor de física</b>	<i>“Bien pero aún no responden mi pregunta. Si nosotros miramos el cielo nocturno vemos que las estrellas se mueven, ¿nosotros sentimos que nos movemos?, no lo sentimos y es ahí donde radica la actividad de hoy.”</i>	Puesto que no se dieron más comentarios, entonces se centró la atención de los estudiantes en el movimiento aparente de las estrellas y la rotación del planeta, acudiendo a la experiencia cotidiana en relación con la percepción de tales movimientos, con el apoyo del software Stellarium.
A partir de lo anterior se empezó a trabajar con el programa Stellarium el cual permitía apreciar una representación del cielo de la ciudad a la hora actual, de esta manera se ubicaron varias constelaciones, a fin de apreciarlas en diferentes direcciones, mostrando a los estudiantes que los movimientos seguidos para buscar estrellas en el cielo son circulares.		
<b>Profesor de física</b>	<i>“En la antigüedad los astrónomos no tenían este tipo de ayudas, sin embargo lograron hacer mapas del cielo bastante precisos, ¿cómo creen que lo hicieron, sin disponer de muchos instrumentos de medida?, ¿cómo se podría determinar la posición de una estrella sin instrumentos de medida?”</i>	Después de lo visto a través del software, se realizaron algunas preguntas a los estudiantes para que pensaran nuevamente en la ubicación de estrellas en el cielo, pero sin ayuda de herramientas tecnológicas, al modo antiguo, ya que la intención era tratar que los estudiantes pudieran dar solución al problema a partir de lo corporal y las percepciones personales de cada uno.
<b>Estudiante 8°</b>	<i>“Observando que se encuentra sobre la casa por ejemplo.”</i>	Este estudiante recurre a los elementos dentro del espacio para tomarlos como puntos de referencia, también se aprecia que le da importancia al acto de observar, mostrando la relevancia del sentido de la visión en este caso.
<b>Profesor de física</b>	<i>“Y si dejamos pasar unos 5 o 10 minutos ¿será que la estrella se va a encontrar en la misma posición?”</i>	Puesto que el problema de ubicar una estrella se había reducido a su posición espacial, se buscó ampliar un poco más la situación introduciendo el tiempo.
<b>Estudiante 9°</b>	<i>“No, tenemos que identificar el norte, necesitamos la intensidad de luz”</i>	Aunque los estudiantes aún no eran del todo conscientes de la incidencia del tiempo en las observaciones, sí reconocían otros factores importantes como los puntos de referencia imaginarios y las características físicas de las estrellas.

De esta manera, se les solicitó a los estudiantes pensar en el problema de la ubicación, partiendo de lo discutido durante las sesiones anteriores, para que desde sus casas empezaran a realizar observación nocturna de las estrellas, escogiendo una en particular y llevando una bitácora de observación en donde registraran durante dos semanas la posición de la estrella, sin usar instrumentos de medida, sólo los elementos que se encontraran en el entorno. El objetivo era que los estudiantes resolvieran el problema de

diversas formas para así apreciar un poco mejor los modos de hablar y de pensar sobre el Espacio y el Tiempo, presentes durante el desarrollo del ejercicio de observación, esta vez en relación con la posición de una estrella en el cielo nocturno.

Para apoyar el trabajo en casa de los estudiantes, en la siguiente sesión se construyó con los educandos un cuadrante casero (Figura 15, a.), siguiendo las instrucciones que se encontraban en el blog, ya que con dicho instrumento es posible medir algunos ángulos que facilitan el trabajo de ubicar estrellas en el cielo, así como discutir los aspectos que hicieron posible su creación y uso extendido durante mucho tiempo. De esta manera y con el apoyo de la profesora de matemáticas Claudia Vargas, se trabajaron algunos ejercicios con el cuadrante, a cielo abierto. Allí se hicieron ejercicios prácticos determinando la altura angular de objetos cercanos y dialogando con los educandos sobre el diseño del cuadrante.



a.



b.

Figura 15. a. Cuadrante casero elaborado por los educandos, b. Inicio del trabajo práctico y las discusiones con los estudiantes sobre los métodos de ubicación de estrellas.

La docente comenzó mostrando que a diferencia de la ubicación de objetos en la Tierra donde ésta se asume plana, en el cielo se considera una esfera en donde son necesarias otras técnicas de medición, de ahí se plantea la pregunta ¿cómo determinar la posición de las estrellas en el cielo? (Figura 15, b.). Con estos comentarios y la pregunta inicial, se buscaba que los estudiantes empezaran a pensar un espacio ya no *plano*, como en las actividades anteriores, sino *tridimensional* con forma *esférica*, puesto que esa es la primera impresión que se puede tener del cielo visto a simple vista. De este modo se enfocó el problema en lo espacial para luego trabajar en lo temporal (Tabla 21).

Tabla 21. Testimonios de los estudiantes para la actividad práctica con el cuadrante.

Partic.	Curso	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
1	9°	<i>“Deberíamos tomar más ejes, no sólo el horizontal y el vertical sino también otras direcciones.”</i>	Este estudiante muestra que no basta sólo con tener un plano sino que son necesarias otras direcciones, pensando la situación de manera más abstracta.	Los estudiantes de cursos superiores empiezan a tener en cuenta la <b>tridimensionalidad</b> del espacio y buscan ser un poco más abstractos en sus elaboraciones.
2	7°	<i>“La distancia; es como ver una estrella (en dirección diagonal), si yo me dirijo hacia ella entonces debo inclinarme más”</i>	En este caso, el educando parte de lo corporal en relación con su entorno, para luego indicar que un posible factor determinante a la hora de posicionar una estrella puede ser la distancia relativa entre el observador y la estrella.	En este testimonio está presente la idea de <b>espacio personal</b> en relación con el <b>espacio físico externo</b> del estudiante y los objetos que en él se encuentran. Así, la ubicación de estrellas dependerá del punto de vista del observador.
Doc. Mat.		<i>“Entonces ¿qué pasa con la bóveda celeste?, ¿se está moviendo o permanece quieta?”</i>	Se buscaba indagar sobre lo que los estudiantes pensaban en relación al movimiento aparente de los cuerpos celestes, para poder determinar sus posiciones posteriormente.	Así como la ubicación, los movimientos de los cuerpos celestes permiten imaginar algunas ideas en relación a la topología del espacio, además posibilitan la medición del tiempo gracias a su regularidad.
3	9°	<i>“pueda que dependa del punto de vista, de pronto se está moviendo pero nosotros la vemos aquí quieta”</i>	Esta respuesta muestra que los estudiantes en cierto modo reconocen que el movimiento de los cuerpos es relativo pues depende del punto de vista desde donde se mire.	El testimonio no es claro en cuanto el estudiante no especifica qué se encuentra en reposo en relación a un observador en la Tierra. Aparentemente puede estar hablando del espacio y no de los cuerpos.
1	9°	<i>“pero ¿a qué se hace referencia cuando se habla de la bóveda celeste?, ¿a los planetas en el espacio o al espacio como tal?, porque el espacio está estático, lo que se mueve son los planetas que están dentro de él”</i>	Las contra-preguntas, no sólo eran realizadas por los docentes sino también por los mismos estudiantes con el fin de aclarar ideas o llevar la discusión hacia otros aspectos de interés para ellos, como en este caso donde el estudiante habla explícitamente sobre las características del espacio.	Resulta muy interesante este testimonio ya que el educando se preocupa más por la idea de espacio que por la de bóveda celeste y muestra en cierto modo cómo para él el <b>espacio</b> es <b>inmutable</b> en tanto no se mueve ni se ve afectado por el movimiento de los cuerpos en su interior. Luego el <b>espacio</b> es <b>estacionario</b> y <b>contenedor</b> .
4	9°	<i>“pues algunas estrellas se mueven, otras están quietas, porque cambian su trayectoria”</i>	Para esta estudiante hay estrellas en el cielo en reposo y en movimiento, el cual se hace evidente por los “cambios” de trayectoria, aunque no	Dentro del <b>espacio exterior</b> concebido por los educandos, algunos parecen manifestar que en su interior se pueden identificar objetos en reposo y en

Partic.	Curso	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
			es claro si para el educando esto signifique cambio de posición o cambio de los caminos seguidos por los cuerpos.	movimiento aparentemente absolutos, todo depende de la trayectoria observada.
<b>Doc. Mat.</b>		<i>“voy a hacerles otra pregunta, ¿alguna vez ustedes han visto un mapamundi?, ¿por qué se usan grados y segundos para ubicar un punto en la Tierra?”</i>	Puesto que se buscaba indagar con los estudiantes sobre los puntos de referencia y las coordenadas en el cielo usadas para ubicar objetos, se colocaron ejemplos análogos para ilustrar que existen coordenadas para espacios esféricos.	Con estas preguntas se esperaba que los estudiantes apreciaran que al estudiar la bóveda celeste es recurrente imaginarla como una esfera en donde se requieren otro tipo de coordenadas diferentes a las cartesianas para poder ubicar objetos en ella.
<b>2</b>	7°	<i>“porque se supone que no es lo mismo que el Sol alumbre una cara de la Tierra, cuando es de día, pero en la otra parte está de noche, entonces hay que usar husos horarios, porque no es la misma hora en un lado que en el otro, entonces habría que dividirlo... 24 dividido el diámetro”</i>	El estudiante responde a la pregunta ya sea porque tiene un conocimiento escolar al respecto o porque ha obtenido dicha información a partir de fuentes como libros, internet o TV. Sin embargo parece que hay una confusión entre longitud y husos horarios, pues aunque están relacionados no representan lo mismo.	Aunque la pregunta iba dirigida a indagar cómo los estudiantes pensaban las coordenadas espacialmente, este estudiante hizo la relación con coordenadas temporales las cuales se establecen según los fenómenos del día y la noche. Lo anterior habla de una idea de <b>tiempo métrico y cíclico</b> .
<b>Doc. Mat.</b>		<i>“por eso medimos dos ángulos uno con respecto al meridiano de Greenwich y otro con respecto al Ecuador, para el caso del cielo vamos a utilizar un sistema muy parecido, porque si yo estoy observando el cielo este puede tener una forma de casquete, aquí es donde vamos a entrar a utilizar el cuadrante, ¿será que ese ángulo es suficiente para determinar la posición de un punto?”</i>	De esta manera la docente les mostró a los estudiantes cómo emplear el cuadrante para medir ángulos de elevación y así determinar más fácilmente la posición de una estrella, por lo menos verticalmente.	Después de la discusión previa, se entra directamente a mostrar cómo la percepción de un <b>espacio esférico</b> como la bóveda celeste, condiciona el diseño de instrumentos de medida como los cuadrantes. La intención de estas preguntas y actividades también pretendía mostrar a los educandos que un <b>espacio tridimensional</b> no siempre requiere de 3 coordenadas para ubicar objetos en él, pues también se puede hacer uso de tan solo dos coordenadas.
<b>2</b>	7°	<i>“no es suficiente porque también sería respecto a la línea del horizonte y se necesita la</i>	Surge de nuevo la necesidad de hacer uso de puntos de referencia como el horizonte en este caso, para así poder	Los educandos hablan en términos de distancias, lo que permite deducir una idea de <b>espacio métrico</b> en donde se

Partic.	Curso	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
		<i>distancia entre uno y la palmera por ejemplo. Tú puedes dar un círculo completo con respecto a la palmera pero si te alejas o te acercas los grados cambian”</i>	determinar posiciones. El estudiante trata de mostrar que estas coordenadas funcionan manteniendo siempre la misma posición con respecto al objeto, pero si esta llega a cambiar es necesario volver a tomar medidas.	puede cuantificar el espacio entre un objeto y otro, pero a la vez es <b>continuo</b> porque aunque la posición del observador cambie, siempre es posible hacer mediciones en el espacio
4	9°	<i>“se necesitan los grados de la vuelta que se ha dado, además también se podría mejorar la precisión. Supongamos que donde estoy es el punto cero, si quiero observar otra estrella desde otra perspectiva, me muevo un paso hacia un lado y ya estaría graficándolo en un plano”</i>	El estudiante responde lo que se esperaba, pues indica la necesidad de otro ángulo en dirección horizontal para hallar la posición del cuerpo celeste. Además piensa también en una forma de mejorar el diseño del instrumento de medida para facilitar la determinación de la posición del objeto.	Puesto que el punto de referencia el estudiante lo asume como su propia posición, este modo de hablar indica la idea de un <b>espacio personal</b> desde el cual puede relacionarse con su entorno e inclusive hacer mediciones. Además se observa que está pensando en un <b>espacio bidimensional</b> donde puede ubicar los cuerpos, es decir para este estudiante parece que la bóveda es posible verla como un plano que se puede graficar.
1	9°	<i>“pero si usted se mueve un paso la posición de la estrella puede cambiar mucho, porque para usted es una bobadita, pero en el espacio pueden ser kilómetros... porque se amplifica”</i>	El movimiento de las manos del estudiante dio a entender que se estaba imaginando una especie de cono imaginario, en donde al parecer la punta se encuentra en la posición del observador y a medida que se aleja del mismo va aumentando de tamaño.	El <b>espacio exterior</b> , según el testimonio del estudiante, aumenta de tamaño a medida que se aleja de la Tierra y puede depender de la posición del observador, pues a medida que se extiende los efectos del cambio de posición pueden ser más evidentes.
4	9°	<i>“¡no! alrevés, si usted ve un objeto muy lejano usted no va a notar la diferencia, pero si está más cerca y yo me muevo yo noto la diferencia”</i>	Tal vez recurriendo a su experiencia propia, este educando refuta la afirmación anterior, indicando lo contrario, pues si los objetos están más lejos menos perceptible se hará su cambio de posición.	Las distancias espaciales entre observador y objeto influyen notablemente en la posición de este último, pues cuanto más cerca se encuentren más evidentes serán los cambios de posición.
<b>Doc. Fís.</b>		<i>“bien, volviendo al problema, si yo le digo a García que esta noche la estrella que quiero que observe va a estar a 26° sobre el</i>	Se volvió a llamar la atención sobre el problema inicial que era tratar de determinar el número de	Con la pregunta se esperaba que los estudiantes llegaran a apreciar que en un espacio con forma esférica como la bóveda celeste, es posible usar dos

Partic.	Curso	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
		<i>horizonte, ¿eso es suficiente para que él pueda ubicar esa estrella?</i>	coordenadas necesarias para ubicar una estrella en el cielo nocturno.	coordenadas si se proyecta ese espacio tridimensional en uno bidimensional.
6	7°	<i>“no es suficiente, además nunca va a ser igual porque también depende de la posición de la persona y el cielo es demasiado grande, se necesitarían los puntos cardinales”</i>	La mayoría de estudiantes reconocen que una sola coordenada no es suficiente en la ubicación de un objeto, porque existen otros factores que afectan la medida de esa posición.	El <b>espacio personal</b> establecido con base en la posición del observador es necesario a la hora de establecer posiciones en el espacio <b>externo</b> . Dicho espacio, para este estudiante, posee un gran tamaño por lo que es necesario <i>organizarlo</i> con puntos cardinales.
7	9°	<i>“pero los puntos cardinales no son suficientes, porque si tu dices ‘al nororiente’, pero el nororiente puede ser muy grande”</i>	La estudiante llama la atención en que no basta sólo con tener algunos puntos cardinales, debe recurrirse a otro tipo de herramientas para poder definir la posición de un cuerpo celeste.	Para esta estudiante el <b>espacio externo</b> a su espacio personal y el <b>exterior</b> , poseen un gran tamaño, lo que hace que al hablar de puntos cardinales se cometan algunas ambigüedades, por lo que no es posible determinar exactamente la posición de un cuerpo celeste con precisión.
2	7°	<i>“entonces uno podría decir al norte, 15° hacia la derecha, en las manecillas del reloj y contaría imaginariamente 15° o con ayuda de palitos formando un círculo, parecido al monumento de Stoneage”</i>	Con base en toda la discusión, este estudiante concluye que a parte del ángulo de inclinación se necesita otro ángulo medido en dirección horizontal con base en los puntos cardinales para determinar la posición de la estrella. La dirección en la que se mida dicho ángulo la toma arbitrariamente en sentido horario tomando como referencia el norte geográfico.	Las direcciones en el espacio son fundamentales para los estudiantes y estas se determinan a partir de puntos de referencia como los puntos cardinales los cuales ayudan a <b>organizar</b> el espacio. Aunque el estudiante abstrae el problema, no deja de mostrar un modo de pensar concreto en tanto se imagina objetos materiales (“palitos”) que le ayuden a medir los ángulos horizontalmente.

Aunque en las discusiones planteadas no participaron todos los estudiantes, especialmente los de grado 6º, es interesante apreciar los distintos modos de hablar que surgieron en relación al Espacio, todo con base en el problema inicial de ubicar una estrella en el cielo. Así, estudiantes de diferentes edades y cursos, interactuaron a fin de dar solución al problema complementando ideas, refutando o discutiendo sus opiniones o aportando información que contribuyera a enriquecer las charlas.

Puesto que la actividad de observación a través del cuadrante casero se realizó tomando como ejemplos objetos del entorno como las puntas de los árboles o de edificios cercanos, fue posible discutir con los educandos el funcionamiento del aparato y su utilidad a la hora de medir la posición de una estrella. Al respecto, los estudiantes empezaron a darse cuenta de que era necesario considerar aspectos como el brillo de la estrella para evitar confundirse y así no observar otra estrella. Por eso entre ellos mismos discutían la mejor forma de usar el cuadrante, mostrándole a los demás cómo apuntar la mirilla del cuadrante hacia el objeto que se deseaba observar (Figura 16).



Figura 16. a. Actividad de observación con el cuadrante casero, b. Discusión entre los educandos sobre las ventajas y desventajas del cuadrante.

En este sentido, la actividad permitió poner en juego no solo la experiencia de los estudiantes con su entorno a través de un instrumento de medida, sino que también favoreció la construcción de conocimiento sobre los métodos de ubicación de estrellas a partir de las discusiones, las cuales siempre fueron planteadas y orientadas por los docentes.

### 6.3.2 Actividad 2: Orientación y ubicación mediante la carta celeste

Las actividades planteadas permitieron evidenciar principalmente los modos de hablar de los estudiantes en relación al Espacio, sin embargo, aún no eran muy claros los modos de hablar que podían emerger sobre el Tiempo, por lo que las discusiones planteadas en esta segunda actividad se orientaron principalmente a develar las ideas de los educandos sobre la relación Espacio y Tiempo, con el apoyo de la carta celeste para el cielo de Bogotá como instrumento guía. Por medio de ella se propusieron a los estudiantes dos preguntas problema con el fin de que comprendieran mejor su funcionamiento. Las preguntas fueron las siguientes: 1) Observa detalladamente la carta celeste, en ella podrás encontrar las constelaciones, puntos de distintos tamaños y algunas líneas del sistema de coordenadas en el cielo. En la periferia se encuentran los meses, los días y las horas. ¿Por qué no son suficientes las coordenadas espaciales? ¿Por qué se requieren de las coordenadas temporales?, 2) Aunque la carta celeste nos muestra una gran cantidad de cuerpos en el cielo, no nos muestra los planetas ni la Luna ¿por qué? Los testimonios fueron recolectados de forma escrita y los más significativos para el trabajo investigativo se presentan en la Tabla 22.

En los testimonios de los educandos es recurrente apreciar que prevalece una idea de tiempo *cíclico* y *métrico*, lo cual es propiciado por el tipo de situación propuesta, ya que la carta celeste permite imaginar el cielo como una gran esfera que gira alrededor de la Tierra junto con los cuerpos celestes sobre ella, los cuales aparecen una y otra, indicando así la época del año en la que se pueden observar. Aunque las coordenadas en la carta celeste también se emplean horas y minutos, puesto que se trabaja con base en el sistema de coordenadas ecuatorial que se asume fijo a la bóveda, llama la atención que los educandos se preocuparon principalmente por las coordenadas en relación a los días y los meses, tal vez porque reconocen que según la época del año es posible ver algunas estrellas y constelaciones que en otras fechas no. Sin embargo, en relación a los planetas y la Luna su movimiento no es tan fácil de apreciar para los estudiantes puesto que tal vez para ellos, sus movimientos no tienen la misma regularidad que el de las estrellas.

Tabla 22. Principales testimonios de los educandos en relación con la carta celeste.

EST.	CURSO	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO/TIEMPO
1	6º	Pregunta 1: “Porque se obtiene un mejor cálculo”	Para el estudiante, el hecho de considerar la coordenada temporal implica una mejor precisión en el cálculo de la posición de un cuerpo celeste.	En este caso el <b>Tiempo</b> sólo es considerado para fines procedimentales, en relación al cálculo de posiciones, aprovechando su carácter <b>métrico</b> . En cuanto a los planetas y la Luna parece ser que poseen un movimiento distinto a las estrellas.
		Pregunta 2: “Porque están alejados de la Tierra y tienen un constante movimiento”	Reconoce que no es posible ubicar los planetas ni la Luna en la carta debido a que siempre se están moviendo.	
2	7º	Pregunta 1: “Porque las estrellas cambian de lugar. Las coordenadas temporales nos ayudan a ubicar las estrellas que aparecen en fechas específicas”	Para este estudiante las estrellas se mueven en el cielo y sus posiciones espaciales dependerán de la fecha en la que se observen.	Para el estudiante la posición espacial de una estrella depende de la época en la que se observe y esto se debe a su movimiento aparente. Así el Tiempo también permite medir y establecer la ubicación de una estrella, pero esta vez haciendo uso de calendarios y fechas.
		Pregunta 2: “Porque son cuerpos de gran tamaño y no se pueden ubicar fácilmente”	El tamaño de los planetas y la Luna parece ser un impedimento para ubicarlos, sin embargo, es un poco contradictorio, pues por su tamaño deberían ser más fáciles de ubicar.	
3	9º	Pregunta 1: “Porque según la posición en donde se encuentre la Tierra la vista a las estrellas cambia, y depende del día y de la temporada lo que se observe en el ciclo celeste”	La respuesta de este educando es más clara y completa que las anteriores, pues reconoce que la posición de los cuerpos celestes es relativa a la posición de la Tierra, la cual a su vez cambia con el tiempo cíclicamente.	Es más clara la idea de un <b>tiempo cíclico</b> , relacionado con el movimiento giratorio del planeta, lo cual hace que el punto de vista del observador cambie. Así se observa que para el estudiante los cuerpos en el cielo siguen un ciclo, una regularidad, que para el caso de los planetas y la Luna es mucho más difícil de ilustrar, tal vez para el estudiante no tienen la misma regularidad.
		Pregunta 2: “Porque los planetas y la Luna presentan una órbita, por lo que no se puede ilustrar su movimiento y cómo lo veremos”	Al hablar de órbitas parece indicar que existe una diferencia entre el movimiento de las estrellas y el de los planetas, pues se deduce que el primero depende del movimiento de la Tierra mientras que el segundo no, por lo que este último es más complicado de predecir.	

### 6.3.3 Actividad 3: Orientación y ubicación con constelaciones y coordenadas

Para finalizar las actividades con los estudiantes en relación con la ubicación de cuerpos celestes, se armaron con ellos cartas astrales para el cielo de Bogotá de modo que lograran manipularlas y usarlas en la observación directa, así como comprender mejor su funcionamiento por medio de preguntas propuestas que favorecieran además la aparición de otros modos de hablar. Para el desarrollo de esta actividad, los educandos descargaron una copia de la carta celeste a través del blog del club (<http://balamclub.wordpress.com/descargas/>) y además llevaron sus bitácoras.

Entre los diarios de observación elaborados por los educandos se destacan dos bitácoras, en donde se muestran los aspectos más relevantes que tuvieron en cuenta los estudiantes a la hora de observar y estimar la posición de una estrella desde sus casas. En el primero (Figura 17), un educando de grado 6° tomó un cuaderno y en cada hoja realizó un esquema en donde ilustró la posición de la estrella que escogió con respecto a su *punto de vista* en su casa, acompañado de información básica como la fecha y la hora en que hizo la observación.

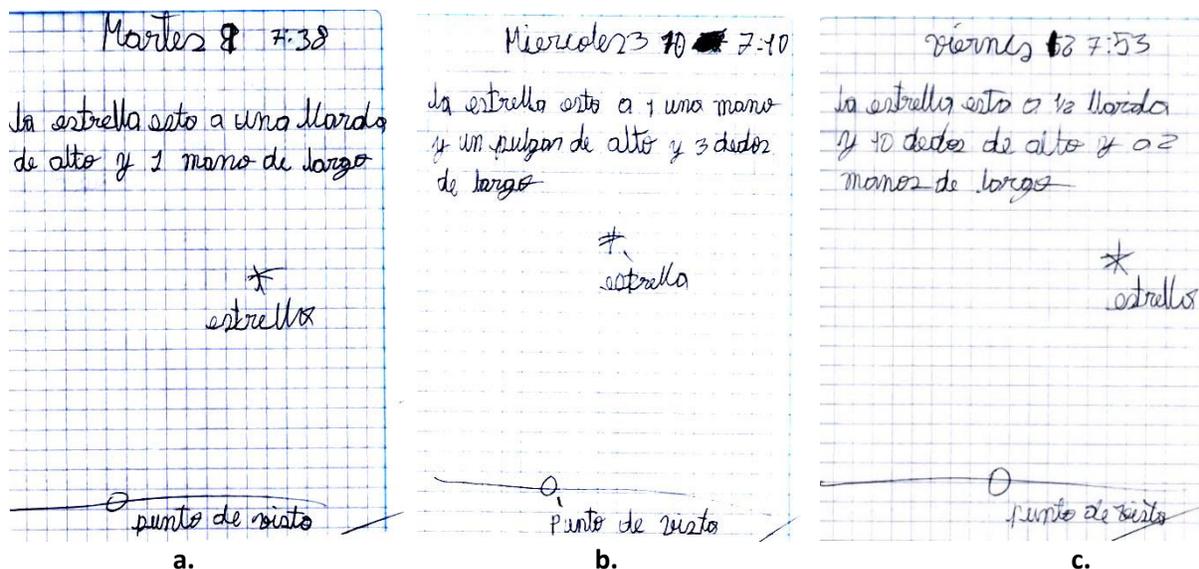


Figura 17. Segmentos de la bitácora de observación elaborada por un estudiante de 6°, correspondientes a los días: a. martes 9 de abril, b. miércoles 10 de abril y c. viernes 18 de abril.

Puesto que al parecer tomó como marco de referencia una ventana, se aprecia en el dibujo una línea horizontal (borde de la ventana) y en el medio una circunferencia

(posición del estudiante o *punto de vista*), con respecto a las cuales estima la posición de la estrella usando sus manos y sus dedos; así por ejemplo, indica que el miércoles 10 de abril a las 7:10 pm (Figura 17, b.), la estrella estaba “a una mano y un pulgar de alto y 3 dedos de largo”. En el transcurso del mes, el estudiante siguió tomando más datos, tratando siempre de hacerlo a la misma hora y en el mismo lugar, lo que le permitió mostrar con su testimonio que la estrella cambiaba su posición todos los días. De esta manera, el estudiante recurre a su propio cuerpo para determinar la posición de la estrella, tomando puntos de referencia concretos dentro de su *espacio físico* que le ayudaron a mejorar la toma de medidas, aunque no siempre colocó los puntos de referencia en el mismo sitio, ni tampoco hizo las observaciones a la misma hora.

La segunda bitácora (Figura 18) también es bastante interesante en tanto que, a diferencia del caso anterior, el estudiante de grado 7° sólo empleó una hoja en donde consignó información más detallada de todos los días en los que realizó la observación. Aquí se encuentra el nombre de la estrella que observó (Proción), la constelación a la que pertenece (Can menor), el intervalo de fechas en que realizó la actividad (del 1 al 14 de abril del 2013), la traslación, es decir, la dirección en la que se movió la estrella (en este caso de abajo hacia arriba), la posición en el plano galáctico ( $35^{\circ}55'$ ,  $272^{\circ}25'$ ) y la hora de observación (8:20 pm).

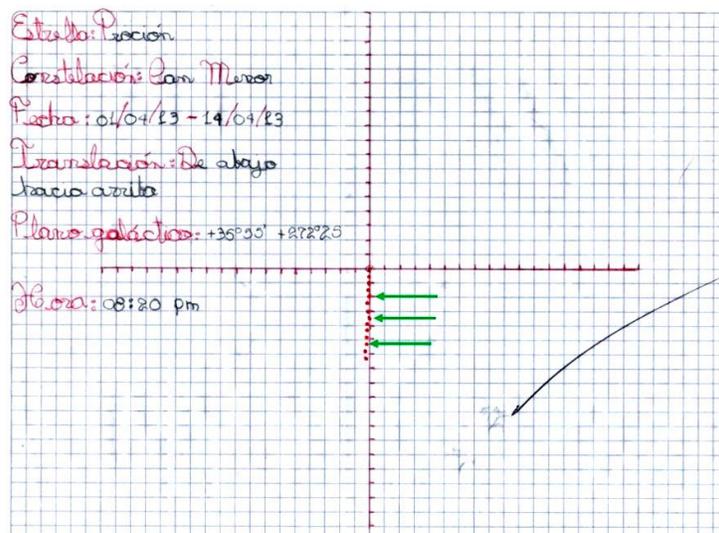


Figura 18. Registro de un estudiante de 7° durante el mes de abril.

Para representar la posición y el movimiento aparente de la estrella, el estudiante tomó como marco de referencia una ventana sobre la cual marcaba un punto que indicaba la ubicación de la estrella, encima colocó la hoja cuadriculada en la cual ya había dibujado un plano cartesiano y allí marcó nuevamente con un punto la posición de la estrella. El proceso lo repitió todos los días a la misma hora y el resultado fue la secuencia de puntos indicados con flechas verdes (Figura 18), en donde la primera posición de la estrella se representa con el punto más bajo y la última con el punto más alto. Este testimonio muestra cómo algunos estudiantes no sólo emplean objetos de su entorno para determinar la posición de la estrella, sino también ciertos elementos como planos cartesianos con los cuales simplificaron el proceso de ubicarla. Además se aprecia cómo este estudiante usa información adicional obtenida a través de otras fuentes de información como la internet, para ser más preciso a la hora de tomar sus medidas.

En este ejercicio de observación se buscó enriquecer la experiencia de los educandos en relación con la ubicación de cuerpos, lo que les permitió pensar el problema y generar soluciones ingeniosas para determinar la posición de la estrella, pero además, se propició la aparición de modos de hablar tanto escritos como gráficos en donde se evidencia de nuevo la percepción de un *espacio métrico, bidimensional, organizado* y hasta *continuo*, favorecido por la interacción entre el espacio *personal* de los estudiantes con el espacio *físico externo*, dentro del cual se mueven continuamente ciertos cuerpos como las estrellas a medida que transcurre el tiempo.

Este último se percibe, por la naturaleza de la actividad, como un tiempo *cíclico* y *secuenciado* ya que las observaciones de los estudiantes requerían hacerse una y otra vez durante varios días, lo que al final permitió apreciar el movimiento aparente de la estrella. De esta manera, los educandos no sólo empleaban objetos físicos para tomar sus mediciones, sino que también recurrían a elementos imaginarios como los planos cartesianos, todo con el fin de establecer coordenadas para la posición de sus estrellas. Con base en el trabajo de observación se generó una discusión a manera de mesa redonda, en torno al movimiento aparente de las estrellas y su posición en el cielo según la época del año, la cual fue grabada en video y organizada en la Tabla 23.

Tabla 23. Testimonios de los estudiantes en relación con la ubicación de estrellas usando la carta celeste.

Partic.	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
<b>Doc. Física</b>	<i>“¿Por qué aunque veamos las estrellas todos los días a la misma hora, no las encontramos en el mismo lugar?”</i>	Como en todas las discusiones, se inició la mesa redonda con una pregunta basada en el trabajo de observación de los educandos, realizado durante 1 mes aproximadamente.	Esta pregunta iba dirigida a que los estudiantes empezaran a relacionar las diferentes posiciones de los cuerpos celestes en las distintas épocas del año, para así propiciar la aparición de relaciones entre Espacio y Tiempo.
<b>Est. 9° (1)</b>	<i>“Porque la Tierra tiene rotación, tiene traslación y las estrellas están estáticas, entonces la rotación permite que cambie el ángulo de inclinación de la estrella, puede aumentar o puede disminuir.”</i>	Como en casos anteriores, fueron los estudiantes de cursos intermedios quienes tomaron inicialmente la palabra, recurriendo a su conocimiento escolar que les permitió generar ideas en torno a la pregunta propuesta.	En el <b>espacio exterior</b> pueden existir cuerpos en movimiento o en reposo y puesto que la Tierra se mueve, la posición de las estrellas en el espacio cambia. Dicha posición aparentemente se <b>mide</b> en el <b>espacio externo</b> a la persona.
<b>Est. 9° (2)</b>	<i>“Pero depende de donde estés si se va a mover verticalmente u horizontalmente, porque una persona en el polo norte al girar va a ver que todo se mueve horizontalmente, pero una en el Ecuador va a ver que todo sube o baja”</i>	La estudiante se imaginaba que una persona ubicada en el polo norte vería que las estrellas se mueven alrededor de ella (horizontalmente), debido a la rotación de la Tierra, como describiendo círculos en el cielo paralelos al plano del suelo, pero en el Ecuador, una persona verá que las estrellas se mueven en círculos verticales, perpendiculares al plano del suelo.	Nuevamente la percepción del Espacio y de los movimientos en él depende de la posición del observador dentro del <b>espacio externo</b> que ocupa, lo cual hace que perciba a través de sus sentidos fenómenos distintos, en este caso, trayectorias distintas.
<b>Est. 7° (3)</b>	<i>“Lo que pasa es que uno en el Ecuador está lógicamente de lado, entonces cuando uno ve hacia arriba se va a ver igual, sólo que más hacia arriba o más hacia abajo según donde uno se encuentre”</i>	Este estudiante apoya las dos respuestas anteriores pues para él la posición de las estrellas también depende de la posición del observador y por ende de su punto de vista.	Surge una vez más la idea de un <b>espacio métrico</b> en el que es posible medir posiciones de estrellas a través de dos ángulos. Dicha medición cambia según la perspectiva del observador y de su posición relativa.
<b>Doc. Física</b>	<i>“pero si ustedes se fijan, en el hemisferio norte hay estrellas que no se pueden ver en el hemisferio sur y viceversa, ¿por qué?”</i>	Si bien los estudiantes reconocían que el movimiento aparente de las estrellas depende del movimiento de la Tierra y de la posición del observador en ella, se buscaba con la pregunta llamar la atención de los estudiantes sobre los cuerpos que se pueden ver en el cielo según el punto de vista.	Dependiendo de la posición del observador en el planeta, no es posible ver ciertas estrellas durante algunas épocas del año, por eso se esperaba evidenciar las posibles razones que daban los estudiantes al respecto.

Partic.	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
Est. 7° (3)	<i>“porque hay un problema, como la Tierra es redonda si nos vamos al sur no podemos ver el norte, porque la misma Tierra lo tapa. Entonces, uno podría decir que en el ecuador se pueden ver mejor las estrellas, porque en el centro se puede ver lo que está a lado y lado”</i>	El educando imagina la situación y con base en el conocimiento que tiene sobre la forma del planeta responde a la pregunta, teniendo en cuenta ciertos lugares de referencia sobre el globo terráqueo (norte, sur y ecuador).	Al considerar el <b>espacio externo</b> con forma esférica, el estudiante concluye que dicha forma no permite ver ciertas estrellas tanto en el sur como en el norte, pues el mismo planeta obstaculiza la visión. Es interesante como tiene en cuenta puntos de referencia para concluir la solución a la pregunta y así mostrar que pueden existir ciertas posiciones privilegiadas en el espacio.
Doc. Física	<i>“bien, pero sólo por la rotación de la Tierra no podríamos ver todas las estrellas que vemos a lo largo del año, entonces ¿a qué se debe eso?”</i>	La posición de los cuerpos que se aprecian en la bóveda celeste depende de la época del año, por eso la pregunta iba dirigida a indagar las ideas que los estudiantes tenían sobre este aspecto.	La ubicación de cuerpos celestes en el espacio y en el tiempo depende principalmente de los movimientos de la Tierra, sin embargo se esperaba que surgieran otro tipo de ideas por parte de los educandos.
Est. 7° (3)	<i>“eso es por la traslación del planeta, porque cuando está en una posición veo una constelación pero cuando cambia y gira voy a ver otra constelación”</i>	Se evidencia el uso del conocimiento escolar y de la imaginación	El paso del tiempo se encuentra relacionado con el cambio de posición de los objetos en el espacio, el cual se da en este caso siguiendo trayectorias circulares lo que permite que se vean las estrellas cíclicamente.
Doc. Física	<i>“Correcto, si la Tierra se encuentra en una cierta posición, desde el lado que se encuentra de noche vamos a ver una cierta zona del cielo, pero cuando nos trasladamos, a los 6 meses vamos a ver otra zona del cielo porque la luz del Sol ya no nos deja ver la que estábamos viendo antes. Por eso como el movimiento es giratorio vamos a ver esas zonas del cielo cíclicamente, entonces ¿de qué depende la posición de una estrella?”</i>	Como apoyo a la explicación se usaron objetos que se tenían a la mano para representar la traslación de la Tierra alrededor del Sol y así ilustrar cómo cambia la zona observable del cielo, de modo que los estudiantes lograran imaginar cómo aparecen ciertas constelaciones en el cielo nocturno según la posición de la Tierra en su órbita.	Se hizo énfasis en la <b>periodicidad</b> del movimiento de traslación de la Tierra y su <b>duración</b> para ayudar a ilustrar que a medida que transcurre el tiempo, la Tierra se mueve y con ello se observan zonas distintas del <b>espacio exterior</b> , lo que trae como consecuencia que la posición de las estrellas cambie constantemente. Por eso al final se hace una última pregunta con el fin de empezar a recoger todas las ideas que se plantearon hasta el momento en relación a la posición de los cuerpos.

Partic.	TESTIMONIO	COMENTARIO	ESPACIO Y TIEMPO
<b>Est. 7° (3)</b>	<i>“depende la distancia de uno a la estrella porque si está muy lejos uno no la puede ver bien”</i>	Los estudiantes pusieron en juego otro factor referente a la distancia entre el observador y el objeto, a pesar de que se hizo énfasis en el factor tiempo anteriormente comentado. Para este estudiante, cuanto más lejos se encuentre el objeto más difícil es observarlo y por ende ubicarlo.	En cierto modo, el educando hace referencia en su testimonio a un <b>espacio amplio</b> o <b>extenso</b> en donde pueden haber grandes distancias que complican el trabajo de ubicar estrellas, pues los sentidos, que vuelven a ser importantes aquí, no pueden percibir objetos muy lejanos dentro de ese <b>espacio físico, externo</b> .
<b>Est. 9° (2)</b>	<i>“¡ah! Por eso dicen que la luz de las estrellas que llega a nosotros se produjo hace millones de años, o como el Sol, que lo vemos como estaba hace 8 minutos”</i>	La estudiante relaciona el comentario del educando anterior con información que posiblemente ha recibido a través de libros o internet, sobre la luz que llega a la Tierra desde las estrellas lejanas, de este modo complementa el testimonio anterior.	Así como se puede hablar de un espacio extenso, los estudiantes reconocen que el <b>tiempo</b> también puede ser <b>extenso</b> en tanto que el conocimiento y la información que poseen sobre ciertos fenómenos astronómicos, les permite hablar de periodos de tiempo bastante largos. Además esta idea se relaciona con la de un <b>tiempo métrico</b> que puede ser medido en diferentes escalas y con la de un <b>tiempo sucesivo</b> , pues se habla de un antes y un después en relación con sucesos naturales.
<b>Doc. Física</b>	<i>“bueno, volviendo al problema, si la posición de las estrellas depende de nuestra posición geográfica y de la época del año, o sea, de la posición de la Tierra en su traslación, los mapas del cielo deben tener en cuenta estas dos variables, que junto con una observación detallada del cielo permiten crear las cartas celestes”</i>	Se finalizó mostrando a los estudiantes cómo se encuentra estructurada la carta celeste, para indicar que la posición de una estrella en el cielo depende tanto de coordenadas espaciales como temporales y de la ubicación del observador en el planeta, pues existen diferentes cartas celestes según el lugar donde se encuentre.	Se quiso resaltar la importancia de las coordenadas espaciales y las temporales para indicar cómo se posiciona una estrella en el cielo, coordenadas que dependen de los movimientos cíclicos de la Tierra lo cual se ha determinado desde hace mucho tiempo con base en las observaciones realizadas al cielo nocturno.

A partir de lo anterior, se realizó una descripción sobre cómo estaba conformada la carta celeste y las partes en que estaba dividida, mostrando a los estudiantes qué representaba y cuáles eran las convenciones que empleaba para designar las constelaciones y los distintos cuerpos celestes. Posteriormente, los educandos armaron sus cartas celestes con diferentes materiales de bajo costo como cartulina negra, pegante y tijeras (Figura 19). Este material se complementó con una guía de construcción de la carta, anexa en la dirección web del Club.

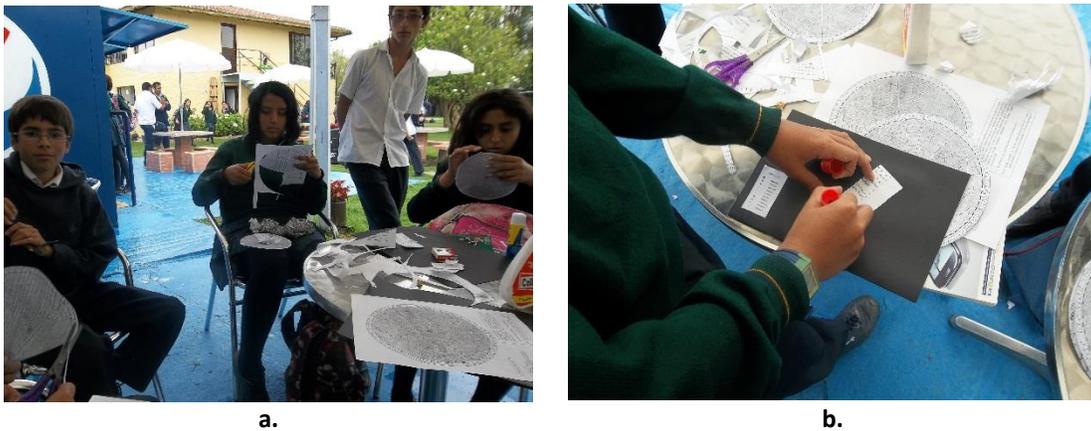


Figura 19. a. Trabajo práctico con los estudiantes durante la elaboración de las cartas celestes, b. Carta celeste ensamblada por los estudiantes.

De este modo, los estudiantes ensamblaron las partes de la carta celeste luego de la discusión mostrada anteriormente, siguiendo las instrucciones de la guía, para que cada estudiante tuviera en sus manos su propio mapa del cielo (Figura 20).

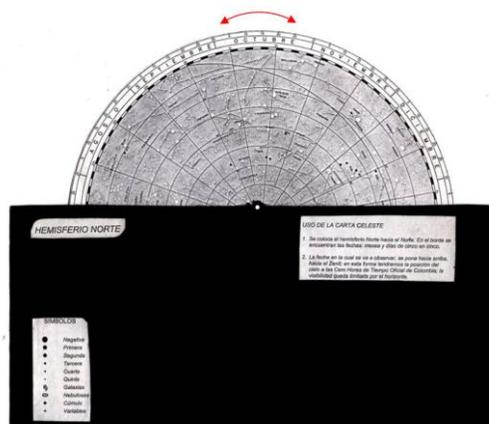


Figura 20. Carta celeste para el cielo de Bogotá armada por los educandos con materiales de bajo costo.

Por último se llevaron a cabo ejercicios de ubicación de estrellas haciendo uso de las coordenadas ecuatoriales con las que trabaja la carta celeste de modo que los educandos

se familiarizaran mejor con su uso. Por tal motivo, el papel de los estudiantes siempre fue un papel de sujetos activos puesto que proponían soluciones, argumentaban sus ideas, debatían puntos de vista, formulaban preguntas e imaginaban escenarios diferentes donde también se podía aplicar lo discutido durante las sesiones, siempre con la orientación y guía de los docentes. En este aspecto, aunque los estudiantes más jóvenes no participaban constantemente en las discusiones grupales, como sí lo hacían los estudiantes de cursos superiores, esto no implicaba que sus elaboraciones fueran menos estructuradas o abstractas pues los educandos no sólo recurrían a su propia experiencia sino también al conocimiento aprendido durante sus procesos escolares.

Los materiales de apoyo como los instrumentos de observación de fabricación casera y las herramientas virtuales como el blog del Club y el programa Stellarium, aportaron elementos fundamentales que contribuyeron a la elaboración, estructuración, modificación y aparición de ideas por parte de los educandos a través de sus testimonios, sobre el posicionamiento de cuerpos celestes en el cielo y sobre las relaciones entre Espacio y Tiempo presentes en las situaciones planteadas durante las actividades. Esto se debe a que en la interacción con dichos materiales de apoyo, los estudiantes podían obtener información adicional que les brindaba nuevos elementos para discutir en grupo sus ideas y a la vez darle mayor sentido a su experiencia.

Estos factores condujeron como maestro a reflexionar sobre las dinámicas de aula que favorecen los procesos de enseñanza-aprendizaje en las Ciencias Naturales, sobre el rol que desempeñan los participantes en dicho proceso, sobre la importancia y necesidad de crear espacios de diálogo con los educandos a partir de situaciones problémicas, sobre las finalidades y sentidos de la labor docente, y sobre las complejas interrelaciones propias del aula de clases que requieren de trabajos investigativos en donde se indaguen y se aprecien los vínculos entre lo didáctico, lo disciplinar, lo cultural y lo social. Por tal motivo en el siguiente apartado se presentan algunas de estas reflexiones, así como aquellas relacionadas con las ideas emergentes sobre el Espacio y el Tiempo reflejadas en los modos de hablar de los estudiantes.



## CAPÍTULO VII

### Reflexiones sobre el trabajo investigativo

---

*“La reflexión es un proceso de conocer cómo conocemos, un acto de volvernos sobre nosotros mismos, la única oportunidad que tenemos de descubrir nuestras cegueras y de reconocer que las certidumbres y los conocimientos de los otros son, respectivamente, tan abrumadoras y tan tenues como los nuestros.”*

*Humberto Maturana*

A partir de la investigación documental presentada en los primeros capítulos y desde el trabajo realizado en el aula tanto con estudiantes como con docentes, el cual fue organizado a través del proceso de sistematización de la propuesta, fue posible reconstruir e interpretar la experiencia docente sobre el problema de la orientación y la ubicación de cuerpos celestes, así como sobre la riqueza de interpretaciones y significados que pueden llegar a tener los conceptos de Espacio y Tiempo. Esto permitió llegar a una serie de reflexiones no sólo sobre el proceso de enseñanza–aprendizaje, sino también sobre la gran diversidad de modos de hablar en relación con estos conceptos, presentes no sólo en las discusiones filosóficas y científicas, sino también en los testimonios, debates y elaboraciones de los participantes de la propuesta.

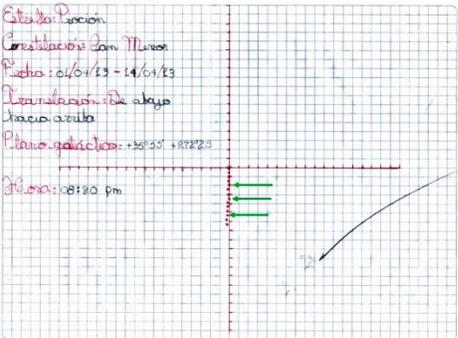
Para enriquecer y estructurar mejor dichas reflexiones, se emplearon como ya se había dicho, dos niveles de análisis de los cuales el primero se encuentra conformado por las categorías de *experiencia*, *lenguaje* y *conocimiento* (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990), mientras que el segundo hace referencia a la categoría de *modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo*, planteadas de esta forma en tanto son ellas las que favorecen la indagación sobre la diversidad conceptual y epistémica de dichos conceptos. De esta manera, se presentan a continuación los análisis desprendidos del proceso de construcción de conocimiento sobre la orientación, la ubicación, el Espacio y el Tiempo, que se procuró promover al interior del aula, teniendo en cuenta las interrelaciones que allí emergieron, los testimonios obtenidos, los referentes teóricos y demás aspectos que favorecieron la construcción de conocimiento desde la labor conjunta entre educandos y docentes.

## 7.1 Experiencia, Lenguaje y Conocimiento en torno al Espacio y al Tiempo

Los testimonios elaborados por los estudiantes y presentados previamente, permiten evidenciar que ellos no sólo parten de **la experiencia** previa obtenida a través de la escuela o el hogar, sino que también hacen uso de *las experiencias sensoriales* propuestas durante cada uno de los momentos, pues de ellas tomaron elementos importantes en la formulación de sus respuestas, que les ayudaron a identificar factores que facilitan la orientación y ubicación de cuerpos en el Espacio inicialmente. Así por ejemplo, los estudiantes reconocían desde su experiencia la necesidad de emplear marcos y hasta sistemas de referencia en su entorno inmediato, no sólo para orientarse sino también para ubicar otros cuerpos, para lo cual era indispensable el uso de los sentidos particularmente de la vista y el tacto (Tabla 24), por eso la experiencia se encuentra mediada fundamentalmente por los sentidos y las percepciones a través de ellos, la cual era complementada en la interacción con otros educandos.

**Tabla 24. Análisis de la experiencia de los estudiantes durante las actividades.**

TESTIMONIO	ANÁLISIS
	<p>Las actividades siempre procuraron enriquecer la experiencia de los estudiantes, por lo que inicialmente se trabajó a nivel sensorial, de modo que para los educandos fuera posible identificar qué elementos necesitaban para orientarse en el Espacio y el Tiempo, a través de la interacción misma con el entorno y con sus compañeros que ofrecían otros puntos de vista.</p>
<p><i>“Para orientarme uso 4 puntos: la cancha de fútbol, la choza, oficinas y cancha de voleibol. Esos 4 son esquinas y el otro es la cafetería.”</i> (Est. 7°)</p>	<p>Los testimonios escritos muestran cómo los educandos recurren a lugares u objetos que hacen parte de su experiencia diaria, para poder orientarse y ubicar objetos dentro de un Espacio determinado. A partir de la experiencia cotidiana establecen puntos de referencia concretos y abstractos.</p>

TESTIMONIO	ANÁLISIS
	<p>La experiencia no sólo fue enriquecida por lo percibido a través de los sentidos sino también por los diálogos entre compañeros, en donde se hacía uso del lenguaje tanto oral como gestual. Estos diálogos complementaban la experiencia pues en ellos los educandos consideraban aspectos que tal vez por sí solos no llegaban a apreciar.</p>
	<p>Las actividades complementarias como los diarios de observación, fueron indispensables en tanto ellas aportaron nuevas situaciones y por ende nuevas experiencias enfocadas a la ubicación de cuerpos en el cielo, lo que contribuyó a la aparición de otros modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo. Así, esta experiencia implicaba el vínculo entre lo sensorial (observación del cielo) y lo intelectual, pues a partir de lo anterior el estudiante debía pensar una forma de ubicar su estrella.</p>
	<p>La perspectiva brindada por otros profesores y la manipulación de ciertos aparatos de construcción casera como el cuadrante, también permitió abrir otras posibilidades hacia nuevas experiencias, ya que contribuyó a la aparición de otro tipo de problemas referentes a la ubicación de cuerpos celestes y a los instrumentos usados para tal fin.</p>
	<p>Los instrumentos contruidos en clase permitieron la ampliación de la experiencia de los estudiantes pues favorecieron el manejo de coordenadas, la identificación de puntos de referencia imaginarios, la discusión de las relaciones entre Espacio y Tiempo, así como el establecimiento de relaciones un poco más complejas entre el estudiante y su entorno, pues ya no sólo interactuaban a través de sus sentidos con el medio, sino que también podían interactuar a través de dichos instrumentos.</p>

Las actividades y elaboraciones de los educandos permiten apreciar cómo la experiencia directa en relación con los objetos del entorno, es esencial a la hora de percibir el Espacio y el Tiempo, pues se evidenciaba una relación constante entre el tiempo empleado para

realizar ciertas acciones, el espacio personal de los estudiantes y el espacio físico externo, mediada por sentidos como el tacto y la visión. En este sentido, el *orden temporal* se encuentra ligado a la *sucesión espacial* o *de eventos*, la cual va a depender por ejemplo, de la longitud del trayecto que recorre un objeto, del conjunto de acciones que deben realizar los educandos para cumplir con una tarea o de la percepción de los cambios de posición de una estrella.

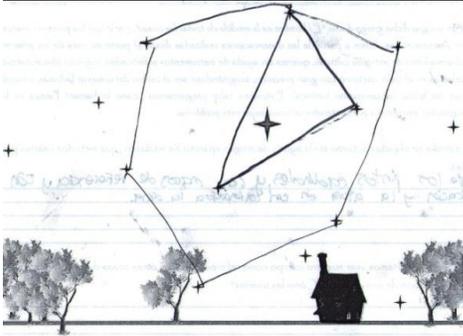
No obstante, durante las experiencias eran más explícitas las ideas de los estudiantes en relación al Espacio que en relación al Tiempo, tal vez porque el primero posee un carácter más sensorial ligado al diario vivir de los estudiantes en lugares y espacios cotidianos, mientras que el segundo requiere de experiencias más complejas y de la reflexión sobre ciertos eventos en donde a partir de un antes y un después se establecen intervalos de tiempo que pueden ser medidos.

Por otra parte, **el lenguaje** de los estudiantes en cuanto a las experiencias realizadas, manifiesta una primera intención por querer explicar lo que observaron, usando progresivamente un lenguaje cada vez más elaborado, que no se basa sólo en la experiencia sino también en diversas fuentes de información y de conocimiento, sin embargo algunos términos no parecen estar muy claros dentro de sus estructuras argumentativas, como el caso de los puntos cardinales, las coordenadas espaciales y temporales o los marcos de referencia (Tabla 25).

**Tabla 25. El lenguaje de los estudiantes como reflejo de sus ideas.**

TESTIMONIO	ANÁLISIS
	<p>El lenguaje corporal y oral entre estudiantes facilitaba la comunicación entre ellos para la toma de decisiones conjuntas, para la representación de sus percepciones o ideas sobre el Espacio con el que interactuaban y para llegar a consensos sobre las situaciones que afrontaban.</p>
<p><i>“Para orientarnos recurríamos con las personas que llevan más en el colegio</i></p>	<p>A través del lenguaje escrito era posible apreciar ideas sobre las relaciones entre Espacio y Tiempo que en los casos anteriores no eran posibles de</p>

TESTIMONIO	ANÁLISIS
<i>como los profesores o letreros. Y también con la mente.” (Est. 6°)</i>	observar. Así, los estudiantes expresaban qué aspectos eran más importantes a la hora de orientarse, lo cual no se reducía solamente a la percepción a través de los sentidos.
<i>“Me oriento con la cancha de voleibol, la portería, la montaña, las preposiciones.” (Est. 9°)</i>	En los testimonios escritos los estudiantes mostraban los objetos o lugares específicos empleados para orientarse dentro de un espacio dado, sin embargo se resalta la importancia que le dan al mismo lenguaje para comunicar a otros la ubicación de un lugar u objeto, haciendo uso de preposiciones como ellos mismos lo afirman.
<i>“Agacharse a media altura, levanta un pie, da 2 pasos, levanta el pie derecho, luego el izquierdo, al pasar da 3 pasos, se agacha a media altura y levanta los pies unos 30 cm, al pasar gira 90°, levanta el pie derecho a unos 40 cm, se vuelve a agachar, gira 90°, levanta los pies a 40 cm, al pasar se agacha y avanza.” (Est. 10°)</i>	El lenguaje empleado por estudiantes de cursos superiores en muchas ocasiones resultaba ser más estructurado y estar compuesto por más elementos que reflejaban la idea de un espacio y un tiempo métricos pues siempre trataban de emplear cantidades y unidades de medida exactas. No obstante algunos estudiantes de cursos inferiores también daban cuenta de un lenguaje muy similar, por lo que este no depende únicamente de la edad del educando.
<i>“Para ubicar la estrella me sentaría en una silla dentro de mi casa, viendo en la ventana la estrella. Pegaría una hoja de papel milimetrado poniendo la estrella en el punto o (cero). Al siguiente día la vería desde el mismo punto” (Est. 7°)</i>	El lenguaje escrito también permitía a los estudiantes explicitar las posibles acciones que llevarían a cabo en un futuro para solucionar un problema como la ubicación de una estrella en el cielo. De este modo, se aprecia cómo entran en juego modos de pensar tanto concretos como abstractos y los criterios de valoración que asume cada estudiante para tomar decisiones.
<i>“... se supone que no es lo mismo que el Sol alumbra una cara de la Tierra, cuando es de día, pero en la otra parte está de noche, entonces hay que usar husos horarios, porque no es la misma hora en un lado que en el otro, entonces habría que dividirlo... 24 dividido el diámetro” (Est. 7°)</i>	En las discusiones grupales, surgían otro tipo de ideas desprendidas no sólo de la experiencia de los educandos sino también de las fuentes de información y del conocimiento que han venido estructurando desde la escuela. A partir de este tipo de lenguaje se redireccionaban las discusiones y se consideraban aspectos que no habían sido tenidos en cuenta.
	El lenguaje gráfico le permitía a los estudiantes representarse a ellos mismos en relación con el espacio físico externo, así como representar ciertos elementos imaginarios como líneas o flechas de referencia, las cuales junto con objetos concretos facilitaban la ubicación de estrellas en el cielo por ejemplo.

TESTIMONIO	ANÁLISIS
	<p>Así como en el lenguaje escrito, algunos estudiantes manifestaban un lenguaje gráfico más abstracto pues por medio de él representaban figuras imaginarias, a modo de formas geométricas las cuales podían emplear como constelaciones para solucionar el problema de ubicar una estrella en el cielo nocturno.</p>

El lenguaje así como la experiencia fue enriquecido por los problemas planteados y la interacción entre estudiantes de distintos cursos y la participación de docentes de áreas del conocimiento como Matemáticas, Física, Filosofía y Educación Física, lo cual contribuyó a que emergieran distintos tipos de lenguajes con los que los estudiantes podían representar sus ideas de diversas formas. De esta manera, el lenguaje permitía apreciar el tipo de representaciones mentales que construían los estudiantes y que fueron plasmadas a través de su lenguaje oral, corporal, escrito y gráfico.

Los elementos de la cotidianidad de algunos estudiantes cobraban especial importancia en la elaboración de sus representaciones y en la estructuración de su lenguaje, pues a través de ellos podían ejemplificar ideas, relaciones y puntos de vista sobre las situaciones problemáticas. En este sentido se aprecia cómo el lenguaje en sus distintas manifestaciones, juega un papel importante en las dinámicas de aula pues manifiesta lo que los estudiantes imaginan, sus modos de pensar, así como los elementos recurrentes empleados por los educandos para explicar o dar cuenta de una situación de interés o propuesta. Dichos elementos eran en ocasiones retomados por otros educandos con el fin de proponer soluciones o argumentar ideas relacionadas con la ubicación de cuerpos en el Espacio y el Tiempo.

De esta manera, **el conocimiento** vivenciado en clase da cuenta de las distintas formas en que los jóvenes hablaban e interpretaban las situaciones propuestas, pues cada estudiante expresaba de diversas formas lo que observaba y las ideas que concebía en torno a los problemas de orientación y ubicación. Un ejemplo de esto son los registros

gráficos que dibujaron los estudiantes en la actividad 3 del momento 2 (§ 6.2.3), en donde se observa cómo los jóvenes presentan diferentes soluciones. Como apoyo al trabajo de construcción del conocimiento en el aula, fue necesario recurrir a varias fuentes de información a partir de las cuales se lograron generar las preguntas y las discusiones que apoyaron las elaboraciones de los estudiantes a través del lenguaje. Las fuentes de conocimiento para los estudiantes fueron diversas, ya que estas iban desde la experiencia previa o propuesta, hasta el conocimiento adquirido a través de libros, internet, televisión o en las conversaciones con otras personas. Las contra-preguntas planteadas en los diálogos entre estudiantes y docentes, también fueron muy importantes para conocer más acerca de esas fuentes de conocimiento y para facilitar la reformulación sus hipótesis, cambiándolas o mejorándolas.

Otra de las fuentes de información más utilizadas por los estudiantes y los docentes fue el blog del Club (<http://balamclub.wordpress.com>), mediante el cual se publicaron los videos, las presentaciones y los procedimientos que debían seguir para la construcción de los instrumentos de medida; también se emplearon videos e imágenes en donde se abordaron las temáticas desde una perspectiva más ilustrativa.

Se observó además un conocimiento más enriquecido en la mayoría de los casos por parte de los estudiantes de cursos superiores, debido a la diversidad conceptual y de fuentes de conocimiento que manejan a esta edad, gracias a la experiencia en el contexto educativo, que es más amplia con respecto a la de los niños de menor edad. No obstante, la anterior afirmación no es posible generalizarla ya que algunos estudiantes de cursos como 7° y 8° mostraban con sus elaboraciones un lenguaje y un conocimiento bastante estructurado y organizado, semejante a los estudiantes de cursos superiores, lo cual es evidencia de que estos dos factores no dependen exclusivamente de la edad, sino que son influenciados fuertemente por la experiencia que haya tenido el educando con su entorno y con las personas que lo rodean.

De esta manera es posible afirmar que el conocimiento elaborado en relación con el Espacio y el Tiempo por medio de estas actividades de orientación y ubicación de cuerpos celestes, es una construcción realizada por los estudiantes y mediada por el contexto en el

que se encontraban inmersos, un contexto determinado por las vivencias de cada uno, por la interacción con el entorno, por el diálogo con otras personas, por los intereses, la curiosidad y la disposición ante la clase, entre otros factores. Así, la construcción de este conocimiento fue posible gracias a la observación, el análisis, la conversación, la imaginación y el razonamiento puestos en escena por los estudiantes.

## 7.2 Modos de Hablar sobre el Espacio y el Tiempo

Los modos de hablar empleados por los estudiantes en todas las actividades no se limitaron al lenguaje verbal, presente sobre todo en las discusiones grupales. Aquí es importante notar que sus acciones, gestos y dibujos también se constituían en modos de hablar que indicaban ciertas ideas y relaciones sobre los conceptos de Espacio y Tiempo. A partir de la información recolectada durante el proceso, se pretendía que los estudiantes analizaran e interpretaran los resultados de sus observaciones, identificando los factores que intervenían en las situaciones y experiencias realizadas sobre la ubicación y orientación. En este sentido se esperaba que los educandos logaran construir más ideas alrededor del Espacio y el Tiempo, usando para ello las fuentes de información y las discusiones grupales, de modo que empezaran a estructurar un conocimiento más elaborado sobre dichos conceptos.

Por lo anterior, se buscó siempre fomentar en los estudiantes modos de pensar cada vez más elaborados y abstractos, a partir de modos de pensar concretos presentes principalmente en las primeras actividades. Así, los educandos debían pensar y hallar soluciones prácticas a los problemas, utilizando básicamente su cuerpo, los objetos con los que interactuaban y las ideas que afloraban durante el trabajo en el aula. En este sentido, las actividades propuestas estaban dirigidas en un principio a trabajar las ideas de Espacio y de Tiempo *personales* con base en la percepción a través de los sentidos, la experiencia y la interacción de los estudiantes con su entorno, así como con las personas y los objetos que se encontraban en él. Los estudiantes empezaban a cambiar el tamaño de su *espacio personal* (Wagner, 1975), *ampliándolo o reduciéndolo* según la actividad propuesta; así, su *espacio personal* era reducido cuando se llevaban a cabo ejercicios corporales en un lugar específico, como en los primeros momentos, pero se ampliaba

cuando debían interactuar con objetos imaginarios en movimiento o cuando ellos mismos debían moverse dentro de su entorno.

El espacio personal también hace referencia a aquellos lugares habitados por los estudiantes como sus casas o habitaciones, en donde llevan a cabo acciones cotidianas pues les brindan a los educandos ciertas comodidades a diferencia de los lugares públicos. Es por esto que el *espacio personal* se constituye como un lugar en parte imaginario y en parte tangible, en el que los estudiantes se sienten seguros, siempre y cuando pueda percibirse y delimitarse a través de la visión, aunque los demás sentidos también son necesarios. Se dice que dicho espacio es en parte imaginario pues posee unos límites no físicos dentro de los cuales la persona puede realizar diferentes acciones motrices con confianza, pero además es tangible porque lo anterior no sería posible si no existe la percepción a través de los sentidos de un lugar físico ocupado por el cuerpo.

Por lo anterior, se observa una idea de *espacio físico*, en ocasiones *bidimensional* y en otras *tridimensional*, cuya percepción se da principalmente a través de los sentidos, lo que les permite a los educandos establecer representaciones mentales de los mismos que les ayudan a imaginarlos y describirlos. Dicho espacio se concibe además como un *lugar contenedor*, pues dentro de él es posible encontrar cosas u objetos los cuales permiten a los estudiantes interactuar con el espacio ya sea para orientarse o para ubicar otros objetos. Por tal razón, la orientación espacial se encuentra determinada por la posición o ubicación de ciertos objetos perceptibles dentro del mismo espacio o por la determinación de puntos imaginarios de referencia como los puntos cardinales.

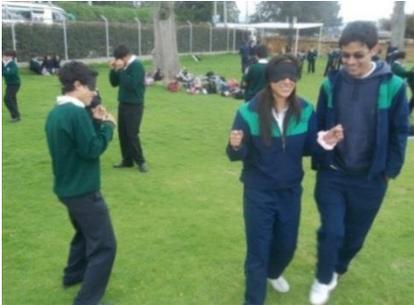
Otros estudiantes manifiestan la idea de un *espacio continuo, limitado y compuesto* por lugares representativos, los cuales son importantes para ellos en tanto son sitios muy frecuentados en su vida cotidiana. Se dice que el espacio puede ser continuo y limitado puesto que en algunas actividades que involucraban problemas de ubicación de cuerpos, se apreciaba que para los estudiantes es posible asignar posiciones a los cuerpos en cualquier punto del espacio y a su vez, es posible limitarlo física o imaginariamente (con líneas de referencia como las constelaciones) para con ello definir zonas con las que sea más fácil orientarse y ubicarse.

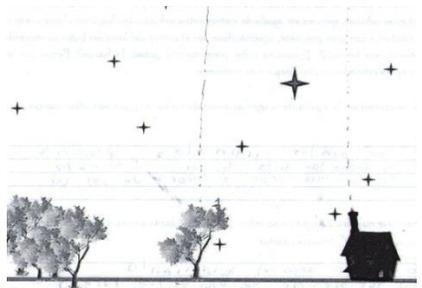
Este modo de hablar muestra la idea de un *espacio externo* al estudiante y *organizado*, sobre todo gracias a puntos imaginarios de referencia como los puntos cardinales, que permiten a las personas orientarse mejor, ya que cada lugar se corresponde con una organización interna. De esta manera, algunos estudiantes indican que gracias a esta característica las personas pueden moverse dentro de ese espacio externo con base en dicha organización y hasta interactuar con los objetos que en él se encuentran, no sólo a través de los sentidos, sino también por medio de aparatos de medición.

El espacio tiene por ende un carácter *métrico*, pues sobre él es posible realizar mediciones con las que se establecen coordenadas y distancias para la ubicación de los cuerpos, a través de instrumentos de medida como el cuadrante y la carta celeste en este caso. En los testimonios de los estudiantes es recurrente el uso de puntos cardinales, lo que indica que para ellos el espacio que ocupan puede organizarse con base en estos puntos de referencia imaginarios, así como por puntos de referencia concretos como árboles y casas. No obstante, existen dificultades a la hora de representar los puntos cardinales puesto que el norte y el sur son ubicados abajo y arriba respectivamente, sobre todo por los estudiantes más jóvenes, que tal vez aún no tienen clara la posición de estos puntos cardinales en el espacio físico. Todos estos modos de hablar se sintetizan a continuación (Tabla 26) con algunos testimonios que permiten ejemplificar cada uno de ellos.

**Tabla 26. Modos de hablar de los estudiantes sobre el Espacio.**

Modos de hablar sobre el Espacio	Testimonio	Análisis
Espacio amplio		En la interacción con otros estudiantes sobre todo en las zonas verdes del colegio, los estudiantes manifestaban la idea de un espacio más amplio, ya que debían abarcar una mayor área para realizar las actividades.

Modos de hablar sobre el Espacio	Testimonio	Análisis
Espacio como lugar(es) contenedor(es)	<p><i>“Para orientarme uso la coordinación, la oficina de Beatriz (vicerrectora), la montañita, la cancha de voleibol, la portería, la biblioteca, indicándole donde queda.” (Est. 8°)</i></p>	<p>Los estudiantes indicaban que el espacio puede ser un lugar o un conjunto de lugares característicos, puesto que hacen parte de su diario vivir. Dentro de estos lugares se encuentran contenidos otros objetos usados como marcos de referencia.</p>
Espacio físico		<p>El espacio físico hace referencia a ese espacio inmediato que los estudiantes perciben directamente a través de los sentidos (visión y tacto principalmente) pero que en ocasiones, debido a la falta de alguno de ellos, es representado mentalmente para poder interactuar con él.</p>
Espacio bidimensional	<p><i>“Para orientarme uso 4 puntos: la cancha de fútbol, la choza, oficinas y cancha de voleibol. Esos 4 son esquinas y el otro es la cafetería.” (Est. 7°)</i></p>	<p>En muchas ocasiones los estudiantes imaginaban el espacio como un plano (horizontal o vertical), puesto que tal vez les facilitaba la tarea de orientación y ubicación de cuerpos.</p>
Espacio tridimensional		<p>En casos donde debían realizar ciertas actividades físicas que involucraban el manejo de todas las direcciones, surgían modos de hablar orales y corporales referentes a un espacio de 3 dimensiones dentro del cual los educandos se podían mover.</p>
Espacio métrico	<p><i>“Agacharse a media altura, levanta un pie, da 2 pasos, levanta el pie derecho, luego el izquierdo, al pasar da 3 pasos, se agacha a media altura y levanta los pies unos 30 cm, al pasar gira 90°, levanta el pie derecho a unos 40 cm, se vuelve a agachar, gira 90°, levanta los pies a 40 cm, al pasar se agacha y avanza.” (Est. 10°)</i></p>	<p>Según el tipo de situación, los estudiantes también mostraban cómo dentro del espacio es posible realizar mediciones de distancias, así como establecer coordenadas que permiten precisar la posición de los cuerpos dentro del espacio.</p>

Modos de hablar sobre el Espacio	Testimonio	Análisis
Espacio organizado	 <p>(Est. 6°)</p>	El espacio se encuentra organizado gracias a la ubicación de puntos de referencia imaginarios como los puntos cardinales, los cuales permiten otorgarle un orden a dicho Espacio, lo que facilita la ubicación de cuerpos.
Espacio continuo y limitado	 <p>(Est. 10°)</p>	Para algunos estudiantes el Espacio es continuo en tanto en cualquier punto es posible establecer una posición, pero a su vez es limitado, es decir, no se aprecia infinito, puesto que es posible definir regiones o zonas espaciales en donde se pueden ubicar objetos. Así un Espacio limitado, no implica un Espacio reducido.
Espacio Personal	<p>“para ubicar la estrella me sentaría en una silla dentro de mi casa, viendo en la ventana la estrella. Pegaría una hoja de papel milimetrado poniendo la estrella en el punto 0 (cero). Al siguiente día la vería desde el mismo punto” (Est. 7°)</p>	El espacio personal de los estudiantes, es decir, el espacio ocupado o habitado por ellos, se constituye en una zona donde los educandos se sienten seguros, cómodos y en donde pueden realizar actividades o acciones cotidianas.
Espacio estacionario	<p>“pero ¿a qué se hace referencia cuando se habla de la bóveda celeste?, ¿a los planetas en el espacio o al espacio como tal?, porque el espacio está estático, lo que se mueve son los planetas que están dentro de él” (Est. 9°)</p>	En las discusiones grupales surgían modos de hablar concernientes a ideas sobre el espacio un poco más abstractas, pues para algunos estudiantes éste es estacionario, no presenta ningún tipo de movimiento, como los cuerpos dentro de él.
Espacio externo	<p>“(la concepción de mundo de pende de) La ubicación geográfica, porque un hombre se desarrolla a través de su entorno” (Est. 9°)</p>	El espacio externo, semejante al espacio físico, es para los estudiantes un lugar donde las personas interactúan con objetos y con otras personas y que contribuye a la generación de nuevas ideas.
Espacio exterior	<p>“pero si usted se mueve un paso la posición de la estrella puede cambiar mucho, porque para usted es una bobadita, pero en el</p>	Este modo de hablar, se relaciona con el conocimiento escolar de los educandos pues hace referencia al espacio por fuera del planeta Tierra y

Modos de hablar sobre el Espacio	Testimonio	Análisis
	<i>espacio pueden ser kilómetros... porque se amplifica” (Est. 9º)</i>	en donde se encuentran los demás cuerpos celestes, una idea propia de la Astronomía.

La relación entre los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo se evidencia en los ejercicios donde los educandos debían coordinar una sucesión de acciones motrices, con un cierto ritmo o regularidad (como en el caso del lanzamiento de la pelota de tenis), con base en las acciones realizadas sobre un objeto material en un espacio exterior y también en los problemas de ubicación de cuerpos celestes por medio de la carta celeste o haciendo observaciones del cielo prolongadas. Es así como se notaba en las primeras actividades relaciones de proporcionalidad a nivel cualitativo, en donde dos factores se compensan entre sí para producir el mismo efecto, por ejemplo, si se desea obtener más tiempo para girar más veces mientras la pelota está en el aire, se necesita que dicho objeto con el que se interactúa recorra mayores distancias, ampliando el espacio del que se dispone y viceversa. Esta interacción del estudiante con su entorno, por medio de la cual realizaba ciertas acciones personales, contribuyó a que los educandos manifestaran la idea de un *tiempo personal*, ligado a los intervalos temporales que ellos mismos empleaban para terminar con éxito las actividades.

De esta manera surgen modos de hablar tanto corporales como orales que hacen referencia también a la idea de un *tiempo sucesivo*, con el que se marca la secuencia de una serie de acciones que los estudiantes realizaban no sólo de tipo motriz como en el primer momento, sino también de tipo más abstracto como cuando debían estimar la posición de una estrella durante varios días para construir sus bitácoras. En las primeras experiencias, también se aprecia cómo algunos estudiantes de cursos inferiores, manifestaban modos de hablar escritos sobre el *tiempo vivido*, pues en la interacción con otras personas en situaciones donde deben orientarse dentro de un determinado espacio, ellos reconocen que aquellos sujetos que tienen una mayor edad, es decir, un mayor tiempo de vida, son los más indicados para consultar la mejor manera de orientarse. Entonces el tiempo vivido de una persona resulta ser un factor que le facilita a las personas

orientarse, pues cuanto mayor sea, la persona tendrá mayor experiencia y por ende mayor conocimiento de los lugares que habita.

Por lo anterior y aunque las actividades perceptuales son importantes en la construcción de los conceptos de Espacio y Tiempo, fue necesario también promover ejercicios en los que los estudiantes lograran imaginar y abstraer ciertas situaciones que les permitieran pensar en el problema de la orientación y la ubicación. Por tal motivo las actividades del último momento fueron claves para distinguir los modos de hablar de los estudiantes sobre el Tiempo, pues la observación directa del cielo nocturno realizada para determinar la ubicación de una estrella durante varias noches, propició la aparición de modos de hablar distintos a los que surgieron en actividades pasadas. Así por ejemplo, los educandos hablaban de un *tiempo pasado, presente y futuro*, puesto que en sus testimonios escritos plasman en cierto modo, las acciones que llevaron a cabo en momentos anteriores a la realización de una actividad, relatan actividades o sucesos que ocurren en un instante presente y describen posibles decisiones que pueden llegar a tomar en un futuro para solucionar un problema propuesto como la ubicación de una estrella en el cielo.

Finalmente en las actividades de observación del cielo nocturno y en las discusiones sobre el problema de la ubicación de cuerpos celestes, se evidenciaban modos de hablar relacionados con las ideas de *tiempo métrico y cíclico*, lo cual se debió al tipo de situación planteada, pues se propuso a los educandos estimar la posición de una estrella en el cielo, para lo cual sabían que debían emplear tanto aparatos de medición como sistemas de referencia imaginarios, así como realizar observaciones repetitivas y constantes durante varios días. Todos estos modos de hablar sobre el Tiempo expresados por los estudiantes, se sintetizan a continuación (Tabla 27) con algunos testimonios representativos.

Tabla 27. Modos de hablar de los educandos sobre el Tiempo.

Modos de hablar sobre el Tiempo	Testimonio	Análisis
Tiempo sucesivo		<p>Al realizar una serie de actividades que además implican un <i>orden</i>, surge la idea de tiempo sucesivo o secuenciado, pues los estudiantes debían terminar una actividad para poder realizar la siguiente. En los testimonios escritos se aprecia mejor cuando emplean preposiciones como <i>después, luego</i>, etc., en sus oraciones.</p>
Tiempo personal		<p>A partir de ciertas percepciones de los educandos sobre el espacio y sobre las actividades que realizaban en él, podían hablar en cierto modo de un tiempo personal referido al tiempo que ellos mismos empleaban para realizar una acción o una actividad.</p>
Tiempo vivido	<p><i>“Para orientarnos recurrimos con las personas que llevan más en el colegio como los profesores o letreros. Y también con la mente.”</i> (Est. 6°)</p>	<p>Cuando una persona tiene más edad, como un adulto, ello implica sobre todo para los educandos más jóvenes que no sólo ha vivido más tiempo, sino que además posee un mayor conocimiento sobre el espacio habitado. Por eso se encuentra que el tiempo también se encuentra vinculado a la cantidad de años de vida de una persona.</p>
Tiempo pasado, presente y futuro	<p><i>“Primero eleva el pie y estíralo hacia el frente y agáchate, después muévete hacia el lado donde posaste el pie anterior, pasa el otro pie y te pones derecho, das 3 pasos y eleva el pie y luego pasa el otro pie, dar 2 pasos, luego elevar el pie, te agachas con cuidado y pasa el otro pie, te pones de pie, levantas un pie a tu lado derecho y pasa el otro.”</i> (Est. 6°)</p>	<p>En los testimonios donde debían dar ciertas indicaciones, los educandos hablaban sobre hechos que ya habían realizado con anterioridad (pasado), que podían realizar en un instante actual (presente) o que se podían desarrollar posteriormente (futuro), así las acciones que imaginaban se podían proyectar a cualquiera de estos tres tiempos.</p>
Tiempo cíclico	<p><i>“(para ubicar mi estrella) primero observo una estrella o más si las hay y luego al otro día a la misma hora y si se encuentran en el</i></p>	<p>La repetición de ciertos eventos como la aparición de una estrella en el cielo, le permite a los educandos hablar de tiempos cíclicos, pues deben realizar</p>

Modos de hablar sobre el Tiempo	Testimonio	Análisis
	<i>mismo lugar ahí ya la ubiqué” (Est. 10°)</i>	ciertas acciones una y otra vez en relación con lo observado.
Tiempo métrico	<i>“(posicionaría mi estrella) ubicando mentalmente los cuerpos celestes con ayuda de los puntos cardinales y midiendo el tiempo con una especie de reloj para saber cómo y cuándo se mueve” (Est. 9°)</i>	Al igual que el Espacio, el tiempo también tiene un carácter métrico en tanto es posible medirlo con aparatos como relojes, lo cual permite dar cuenta de cambios de posición de los cuerpos en el Espacio para así determinar movimientos.

Los modos de hablar sobre el Espacio y el Tiempo muestran cómo en la mayoría de los casos, los estudiantes de cursos superiores manifiestan la utilización de elementos e ideas más abstractas que los estudiantes más jóvenes, quienes emplean en mayor medida la experiencia y los objetos concretos a la hora de solucionar problemas de orientación y ubicación, así como al momento de expresar ideas sobre el Espacio y el Tiempo. En este sentido, los estudiantes de cursos superiores empiezan a considerar símbolos y convenciones que facilitan la tarea de orientarse o ubicar objetos.

Se aprecia entonces un conocimiento más enriquecido en los estudiantes de cursos superiores, debido a las fuentes de información y de conocimiento que manejan a esta edad, propiciadas en gran parte por el uso de los términos de métrica, rotación, movimiento, etc. No obstante, algunos estudiantes de cursos como 7° y 8° también recurrían a conceptos abstractos, los cuales eran plasmados a través de sus testimonios gráficos y escritos, en donde dibujaban planos cartesianos, usaban coordenadas con unidades de medida, establecían escalas de medición y hasta recurrían a información más detallada y de corte científico para complementar sus descripciones y explicaciones. Por este motivo, los modos de hablar de los estudiantes no sólo dependen de la edad, sino también de los intereses, motivaciones, experiencias y contextos en los que se hayan desenvuelto los estudiantes.

### 7.3 Sobre la diversidad conceptual y epistémica del Espacio y el Tiempo

La investigación realizada no solo a nivel documental sino también al interior del aula, permite apreciar cómo en la interacción dialógica y de saberes entre diferentes personas

inmersas en contextos distintos, surge una gran multiplicidad de significados y representaciones alrededor de los conceptos de Espacio y Tiempo, las cuales al interrelacionarse entre sí favorecen enormemente la construcción de nuevas experiencias, de un lenguaje más elaborado y de conocimientos mucho más estructurados sobre estos conceptos y su relación con los sucesos del entorno, lo que enriquece la mirada de las personas en tanto no se asumen el Espacio y el Tiempo como conceptos universalmente definidos y aceptados, sino que por el contrario se procura tomar una actitud de cuestionamiento, que permite propiciar debates críticos y abiertos en donde se le otorgan nuevos significados más pertinentes y coherentes con los contextos de uso a dichos conceptos.

La selección de estos significados es relativa a los intereses, preferencias y valoraciones de los individuos (Barnes & Bloor, 1992), pues el Espacio y el Tiempo no tendrán las mismas connotaciones si se asumen desde una perspectiva filosófica, en donde se pretende dar cuenta de la esencia de las cosas, o desde una perspectiva religiosa en donde se busca contemplar la obra y gracia de Dios, o desde una perspectiva científica que investiga las causas de los fenómenos y la estructura del universo, o inclusive desde una perspectiva escolar, en un aula de clase, en donde se quiere comprender ciertos aspectos del entorno partiendo del problema de la orientación y la ubicación, así como de las percepciones y los diálogos con los demás. En otras palabras, no es posible asumir el Espacio y el Tiempo como conceptos absolutos, cuyos significados son universales, por el contrario son conceptos dependientes del contexto social y cultural, dependientes de las dinámicas históricas que han llevado a distintos pensadores a explorar y formular puntos de vista diversos en donde las ideas de Espacio y Tiempo son cambiantes.

En este sentido, la valoración de conocimientos distintos al científico como el filosófico, el pedagógico, el cognitivo, así como el corporal (representado en los saberes del campo de la Educación Física, el cual fue de vital importancia en los primeros momentos de la propuesta de aula), abrió nuevas posibilidades hacia la identificación de la diversidad conceptual y epistémica subyacente a los conceptos de Espacio y Tiempo, pues cada uno de estos conocimientos aportó situaciones experienciales y significados distintos que permitieron reconfigurar las ideas sobre el Espacio y el Tiempo, no sólo de los educandos

sino también de los docentes. No obstante, lo anterior obliga a establecer criterios de cualificación con los cuales se generen consensos sobre los significados más pertinentes que favorezcan la comunicación entre personas según una situación dada, aspecto que no sólo se aplica al ámbito del aula de clase sino también a la relación entre grupos sociales.

Por esta razón, el reconocimiento de la diversidad conceptual y epistémica de los conceptos de Espacio y Tiempo, exige la participación de diferentes perspectivas y saberes que como afirman Santos, Gutierrez, & Arriscado (2004), constituyan una “*red de intervención*” en donde todas estas formas de conocimiento actúen constructivamente en la generación de soluciones, representaciones, modos de hablar, etc., con los que se mejore la comprensión del mundo, una comprensión variable que se verá sometida a constantes cambios, en tanto los conceptos pilares sobre los que se fundamenta como los de Espacio y Tiempo, pueden verse modificados o resignificados según las situaciones estudiadas, evitando así la reducción de su representación y de su significación a valores numéricos y a su carácter métrico, todo a partir de procesos de cuestionamiento, negociación y adaptación constantes.

# CONCLUSIONES

Los modos de hablar sobre los conceptos de Espacio y Tiempo manifestados por los educandos pueden llegar a tener diferentes significados según el contexto de uso y las situaciones a las que se enfrenten, por lo que no es posible darle a cada uno de estos conceptos una definición estricta y específica que abarque la multiplicidad de acepciones que puedan llegar a tener, ni considerarlos como una sola entidad relativista, pues aunque los testimonios demuestran una relación entre ellos, no se les percibe como un solo concepto.

Tanto la experiencia como la interacción dialógica con otras personas contribuyeron significativamente a que los educandos reestructuraran tales conceptos constantemente, para lo cual fueron indispensables las actividades planteadas en torno a la orientación y la ubicación de cuerpos en el cielo, a partir de las cuales se propiciaron las discusiones adecuadas que llevaron progresivamente a modos de pensar el Espacio y el Tiempo más complejos, en donde surgieron situaciones que involucraron el movimiento aparente de las estrellas, la manipulación de instrumentos de medida, el establecimiento de sistemas de referencia, entre muchos otros que permitieron develar las ideas de los educandos sobre los conceptos de Espacio y Tiempo.

Así, se encontró cómo los modos de hablar sobre el Espacio más comunes se referían a su carácter de *contenedor* de objetos y/o lugares, a su carácter *físico* propiciado por la experiencia sensible, a su carácter *externo* a las personas, a su carácter *continuo* y por supuesto a su carácter *métrico*, en tanto puede ser medido, cuantificado o se le pueden asociar coordenadas y puntos de referencia, aunque por lo general se representara como un espacio de dos dimensiones para facilitar la ubicación de objetos. En cuanto al Tiempo se observó cómo los modos de hablar daban cuenta de un tiempo *sucesivo* que marcaba un orden de hechos o actividades, un tiempo *cíclico* ligado sobre todo a eventos astronómicos y un tiempo *métrico* que como en el caso del Espacio, también puede ser medido con instrumentos. Sin embargo, se aprecia que existe más dificultad a la hora de trabajar los modos de hablar sobre el Tiempo en relación con el Espacio, pues las discusiones muestran una mayor recurrencia a representar aspectos del Espacio con respecto a los objetos y las personas, que del Tiempo.

Lo anterior no solo es evidencia de la gran diversidad conceptual y epistémica de los conceptos de Espacio y Tiempo, presente en la multiplicidad de modos de hablar y de representaciones elaboradas por los estudiantes, dependientes a su vez de los conocimientos y experiencias presentes en las dinámicas del aula, sino que también reafirma el supuesto de que al momento de abordar los conceptos de Espacio y Tiempo, es conveniente hacerlo desde la orientación y la ubicación, pues estos aspectos se encuentran a la base de las ideas de Espacio y Tiempo, facilitando el paso hacia el estudio de fenómenos como el movimiento y la interacción entre los cuerpos en la naturaleza.

Reconocer la diversidad conceptual y epistémica de los conceptos de Espacio y Tiempo desde los referentes teóricos así como desde las construcciones de los educandos, permite reflexionar y enriquecer la práctica docente y los procesos de enseñanza aprendizaje al interior de las clases de Ciencias Naturales, particularmente de Física, ya que en muchas ocasiones estos conceptos se consideran como *ideas a priori* como en el pensamiento kantiano, pues se asume que todos los estudiantes poseen la misma comprensión sobre el Espacio y el Tiempo, dejando de lado su discusión y resignificación. Además, dicha diversidad conceptual y epistémica potencia la interrelación de diferentes ámbitos del saber al interior del aula, pues la construcción de los conceptos demanda la confluencia y discusión de distintas miradas que contribuyan a apreciar la riqueza de sus significados.

El estudio de la multiplicidad de significados del Espacio y el Tiempo en los distintos contextos de uso de los estudiantes permite además planear actividades mejor estructuradas que favorezcan su comprensión a través de nuevas experiencias, de la interacción lingüística con pares y docentes, y de la reflexión permanente sobre sus distintas representaciones, teniendo en cuenta para ello los modos de pensar de cada uno de los individuos. Además, este proceso permite llegar a consensos con los estudiantes al interior del aula de clases, sobre las significaciones de los conceptos de Espacio y Tiempo que luego puedan servir como base para la comprensión de otros conceptos físicos como los de posición, desplazamiento, rapidez, velocidad, marcos de referencia, por nombrar sólo algunos. En este sentido, la docencia, la investigación educativa y el conocimiento disciplinar, epistemológico y didáctico del maestro resultan necesarios para el aprovechamiento de la experiencia de los estudiantes, la ampliación de sus formas de ver el mundo y el estrechamiento de lazos interpersonales a través del lenguaje y el diálogo, convirtiéndose así tanto docentes como estudiantes en

agentes constructores de conocimiento, conscientes de que este último no se encuentra terminado.

El diseño no lineal de las actividades desarrolladas a lo largo de cada uno de los momentos de la propuesta de aula, favoreció no solo la construcción de conocimiento escolar en relación al problema de la orientación y la ubicación desde el campo de la Astronomía de posición, sino que también contribuyó al enriquecimiento de la experiencia y de los modos de hablar de los estudiantes, a la creación de criterios de valoración ante el tipo de situaciones abordadas durante la propuesta y a la potenciación de ciertas actitudes que les permitían a los educandos tomar decisiones para la solución de los problemas propuestos, todo gracias a un ir y venir constante entre lo planeado como docente y lo hallado al interior del aula, lo que permitió la reformulación de las actividades según las necesidades y expectativas de los jóvenes.

De este modo, la interacción entre estudiantes de distintos cursos así como la interacción con profesores de diferentes áreas del conocimiento inmersos en un ambiente de búsqueda, fue pieza clave en la construcción de nuevos significados sobre el Espacio y el Tiempo, ya que al tomar las actividades como una totalidad, fue posible correlacionar diferentes perspectivas sin sesgar la mirada sobre el mismo problema de estudio, acercando con ello a los estudiantes a formas distintas de trabajo y de conocimiento, potenciadas además por los espacios y recursos suministrados por el colegio.

En este sentido, la propuesta de aula puede ser tomada como base para realizar estudios semejantes con otras poblaciones de estudiantes, en donde se profundice un poco más sobre la diversidad de los conceptos de Espacio y Tiempo, siempre y cuando se replantee y se reestructure teniendo en cuenta las particularidades, necesidades, intereses y características específicas del contexto poblacional, puesto que los modos de hablar y las experiencias de los educandos pueden cambiar, ya que se encuentran en función de sus relaciones con el entorno y con las personas que los rodean, aspectos que se deben considerar plenamente a la hora de desarrollar una propuesta investigativa.

De esta manera, la presente investigación aspira aportar una perspectiva distinta sobre el estudio de los conceptos de Espacio y Tiempo, la cual permita comprender mejor la

diversidad de significados que subyacen en las diferentes fuentes teóricas, en las elaboraciones de los estudiantes y en sus modos de hablar. Asimismo se espera beneficiar a la comunidad académica de docentes investigadores en Ciencias Naturales, puesto que existen pocos trabajos en el país que estudien los modos de hablar y de pensar de los educandos en relación con el Espacio y el Tiempo, desde campos distintos a la psicología y la cognición. Así se procura generar un marco teórico que sienta algunas bases para investigaciones posteriores (particularmente desarrolladas en la Universidad Pedagógica Nacional) relacionadas con el estudio de los conceptos de Espacio y Tiempo y los problemas relacionados con las ideas de orientación y ubicación tanto espacial como temporal.

# REFERENCIAS

- Aguiló, A. (2009). La universidad y la globalización alternativa: Justicia cognitiva, diversidad epistémica y democracia de saberes. *Nómadas*(22), Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=18111430001>.
- Agustín, S. (1955). Libro XI. En S. Agustín, *Confessions* (A. Outler, Trad., Vol. VII). Londres: Library of Christian Classics, Westminster Press & SCM Press.
- Alcalde, D., Rojo, J., & Sequeiros, L. (2005). *El físico Albert Einstein y la religión*. España: Instituto Metanexus.
- Alvarado, V., & Sandoval, A. (2002). La noción de substancia en la filosofía moderna (Descartes, Spinoza y Leibniz). *Rev. Filosofía Univ.*, XL(Extraordinario), 101-111.
- Aquino, S. T. (2001). Cuestiones 7, 10, 45, 46, 66. En S. T. Aquino, *Suma de Teología* (J. Martorell, Trad., Cuarta ed.). Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos.
- Arcà, M., Guidoni, P., & Mazzoli, P. (1990). *Enseñar Ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. España: Paidós.
- Aristóteles. (1995). Libro IV. En Aristóteles, *Física* (G. de Echandía, Trad., págs. 113-168). España: Editorial Gredos, S.A.
- Artkinson, S., Hall, A., Landau, C., Szudek, A., & Tomley, S. (2011). *The Philosophy Book*. Londres: DK Publishing.
- Avila-Reese, V. (2008). El Espacio y el Tiempo en la Astronomía. En B. Berenzon, & G. Calderón, *Diccionario Tiempo Espacio* (págs. 73-92). México: Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: [http://www.astroscu.unam.mx/~avila/Divulgacion/e\\_t\\_full.doc](http://www.astroscu.unam.mx/~avila/Divulgacion/e_t_full.doc).
- Barnes, B., & Bloor, D. (1992). Relativismo, Racionalismo y la Sociología del Conocimiento. *Fin de Siglo*(3).
- Barrio del Castillo, I., González, J., Padín, L., Peral, P., Sánchez, I., & Tarín, E. (2010). *Métodos de investigación educativa: Estudio de Casos*. Recuperado el 22 de Octubre de 2012, de Universidad Autónoma de Madrid: [http://www.uam.es/personal\\_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Est\\_Casos\\_doc.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Est_Casos_doc.pdf)
- Bautista, G., & Rodríguez, L. (1996). La Ciencia como una actividad de construcción de explicaciones. *Revista Física y Cultura. Cuadernos sobre Historia y Enseñanza de las Ciencias*(2).
- Blanco, J. (1995). Construcción de la representación de espacio físico. *Tesis de posgrado*. Bogotá, Colombia: Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional.
- Briones, G. (2000). *La teoría sociohistórica de la educación de Lev Vigotsky*. Recuperado el Marzo de 2012, de Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile:

- <http://norobesmicoronaantesdeganarla.com/Documentos/3-Teorias/lectura1--lev-vigotski.pdf>
- Caballero, P. (2002). Desarrollo de la Representación Espacial. *EduPsykhé, Revista de Psicología y Pedagogía*, 1(1), 41-67.
- Cabañas, L. (2010). El concepto de infinito en Leibniz y Locke. *Ontology Studies*(10), 143-152. Obtenido de [www.ontologia.net/studies](http://www.ontologia.net/studies)
- Calleman, C. J. (2012). *A-BAK' 2013 El sol del nuevo B' aktun*. Recuperado el 23 de Enero de 2013, de <http://abakmatematicamaya.blogspot.com/2012/01/abak-matematica-maya-2012-el-numero.html>
- Campillo, A. (1991). Aión, chrónos y kairós: La concepción del tiempo en la Grecia antigua. *La(s) otra(s) historia(s)*(3), 33-70. Recuperado el 2013
- Cárdenas, L. G. (2008). El lugar: Aristóteles - Heidegger. *Revista Filosofía Univ. Costa Rica*, XLVI, 145-150.
- Casasanto, D., Fotakopoulou, O., & Boroditsky, L. (2010). Space and time in the child's mind: Evidence for a cross-dimensional asymmetry. *Cognitive Science*, 34, 387-405. Disponible en: <http://psych.stanford.edu/~lera/papers/space-time-child.pdf>.
- Ceballos-Herrera, F. (2009). El informe de investigación con estudio de casos. *Magis*, 2, 413-423.
- Cortés, G., & García, S. (2003). *Guía de Autoaprendizaje: Investigación Documental*. Recuperado el 22 de Octubre de 2012, de Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía: <http://www.enba.sep.gob.mx/guias%20en%20pdf/investigacion%20documental%20archiv%20y%20biblio/investigacion%20documental.pdf>
- de la Peña, L. (2005). Tiempo y Espacio: Una mirada desde la Física. En G. Valencia, & M. E. Olivera, *Tiempo y espacio: miradas múltiples*. México: CEIICH – UNAM – Plaza y Valdés.
- Descartes, R. (1959). *Principles of Philosophy*. (E. Anscombe, & P. T. Geach, Trads.) London: Thomas Nelson & Sons, Ltd.
- Dewey, J. (1910). *How we think*. Boston: D. C. Heath & co. publishers.
- Díez, J., & Moulines, U. (1999). *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*. Barcelona: Ariel.
- Digitales, A. H. (2012). *ArteHistoria*. Recuperado el 12 de Agosto de 2013, de <http://www.artehistoria.net/>
- Edwards, P., & Smart, J. J. (1964). *Problems of space and time*. Nueva York: The Macmillan Company.
- Einstein, A., & Infeld, L. (1958). *La Física Aventura del Pensamiento*. Buenos Aires: Losada S.A.
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. *Sociedad Colombiana de Epistemología*, 3(10), 65-80.
- Ferrater Mora, J. (1956). *Diccionario de Filosofía*. Buenos Aires: Sudamericana.

- Fuentes, B., & Sánchez, A. (2009). Caracterizar la noción de tiempo en estudiantes de grado sexto de dos instituciones educativas distritales: Alfonso López Michellsen y Antonio García. *Tesis de Maestría en Educación*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Galindo, J. (2009). La Astronomía prehispánica como expresión de las nociones de espacio y tiempo en Mesoamérica. *Redalyc, Ciencias*(95), 66 - 71. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/644/64412117012.pdf>.
- García, H. (2008). Aquí-ahora, allá-entonces. Tiempo y espacio entre los pueblos prehispánicos de Mesoamérica. En B. Berenzon, & G. Calderón, *Diccionario Tiempo Espacio* (págs. 189-199). México: Facultad de Ciencias, UNAM.
- García, M. (1989). El Tiempo en la Física: De Newton a Einstein. *Enrahonar*(15), 39-59.
- Glaserfeld, E. v. (1996). Aspectos del constructivismo radical. En M. Pakman, *Construcciones de la experiencia humana (Comp.)* (Vol. I). Barcelona: Gedisa.
- Gómez, L. E. (2010). Un Espacio para la Investigación Documental. *Vanguardia Psicológica*, 1(2), 226-234.
- Gonzato, M., Fernández, T., & Díaz, J. (2011). Tareas para el desarrollo de habilidades de visualización y orientación espacial. *Números*, 77, 99-117.
- Guba, E., & Lincoln, Y. (2002). Paradigmas en competencia en la investigación cualitativa. En C. Denman, & J. A. Haro, *Por los rincones. Antología de los métodos cualitativos en la investigación social* (págs. 113-145). Sonora: El Colegio de Sonora.
- Guevara, M., & Tovar, R. (1995). Hacia la representación del espacio. *Tesis de posgrado*. Bogotá, Colombia: Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional.
- Gürtler, L., & Huber, G. (2007). Modos de pensar y estrategias de la investigación cualitativa. *LIBERABIT*(13), 37-52.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación* (Cuarta ed.). México: McGraw Hill.
- Hershkowitz, R., Parzys, B., & Van Dormolen, J. (1996). Space and shape. En J. Bishop, *International handbook of mathematics education* (Vol. 1, págs. 161-204). Dordrecht: Kluwer.
- Hume, D. (2001). Libro Primero. Parte Segunda: De las ideas del espacio y el tiempo. En D. Hume, *Tratado de la Naturaleza Humana* (V. Viqueira, Trad.). Albacete: Servicio de Publicaciones. Diputación de Albacete. LIBROS EN LA RED. Obtenido de <http://www.dipualba.es/publicaciones>
- Jammer, M. (1954). *Concepts of Space: The history of theories of space in physics*. Cambridge: Harvard University Press.
- Kant, I. (2005). Doctrina Trascendental de los elementos. Parte I: La Estética Trascendental. En I. Kant, *Crítica de la Razón Pura* (P. Ribas, Trad., págs. 44-61). España: Taurus.

- Krén, E., & Marx, D. (1996). *Web Gallery of Art*. Recuperado el 28 de Agosto de 2013, de GÜNTHER, Franz Ignaz: <http://www.wga.hu/index.html>
- Kuhn, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Chicago: University of Chicago Press.
- Locke, J. (1999). Libro II: Las Ideas. En J. Locke, *Ensayo acerca del entendimiento humano* (A. (. Aiex, Trad., págs. 95-112). Sao Paulo: Nova Cultural Ltda.
- Mach, E. (1919). Newton's view of Time, Space and Motion. En E. Mach, *The Science of Mechanics: A critical and historical account of its development* (T. McCormack, Trad., págs. 22-237). Chicago: The open court publishing co.
- Magueijo, J. (2006). *Más rápido que la velocidad de la luz: Historia de una especulación científica*. (E. Marengo, Trad.) Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Maldonado, S. (2007). Sobre la colonialidad del ser: Contribuciones al desarrollo de un concepto. En S. Castro-Gómez, & R. Grosfoguel, *El giro decolonial: Reflexiones para una diversidad epistémica más allá del capitalismo global* (págs. 127-168). Bogotá: Siglo del Hombre Editores, Universidad Central, Instituto de Estudios Sociales Contemporáneos y Pontificia Universidad Javeriana, Instituto Pensar.
- Maravall, D. (2007). El Espacio y el Tiempo en las Matemáticas y en la Física. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 101(2), 259-283.
- Martínez, P. C. (2006). El método de estudio de caso. Estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento y Gestión*, 20, 165-193.
- Morones, J. R. (2004). La evolución de los conceptos de espacio y tiempo. *Ingenierías*, 2(22), 55-63.
- Newton, I. (1934). *Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of the World* (Vol. I). (F. Cajori, Trad.) California: University of California Press.
- Nicol, E. (1955). Los Conceptos de Espacio y Tiempo en la Filosofía Griega. *Diánoia*, 1(1), 137-180.
- Niño, J. V., Herrera, M. F., Duque, C., Pinilla, M., & Martínez, G. (2003). El concepto de Tiempo en Mecánica Clásica y Mecánica Cuántica. *Revista Colombiana de Física*, 35(1), 86-89.
- Pacheco, C., & Pulido, W. (2001). Análisis formal de los conceptos de espacio y tiempo. *Monografía*. Bogotá, Colombia: Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional.
- Pérez, H., & Solbes, J. (2006). Implicaciones de la evolución histórica de algunos conceptos en la enseñanza de la Relatividad. *Revista Eureka*, 3(3), 409-431.
- Piaget, J. (1971). *La epistemología del espacio*. Argentina: El Ateneo.
- Piaget, J. (1971). *La epistemología del tiempo*. Argentina: El Ateneo.
- Piaget, J. (1978). *El desarrollo de la noción de tiempo en el niño*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Piaget, J. (1987). *Introducción a la Epistemología Genética: El Pensamiento Físico* (Vol. 2). (M. Cevasco, & V. Fischman, Trads.) México: Paidós.

- Popper, K. (1983). *Conjeturas y refutaciones: El desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Paidós.
- Pozo, J., & Gómez Crespo, M. A. (1998). Enfoques para la enseñanza de las ciencias. En J. Pozo, & M. A. Gómez Crespo, *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico* (págs. 265-308). Madrid: Morata.
- Puig, X. (2009). El concepto de ápeiron en Anaximandro: una estética del origen. *Ontology Studies*(9), 131-138. Disponible en: [www.ontologia.net/studies](http://www.ontologia.net/studies).
- Radden, G. (2004). The metaphor TIME AS SPACE across languages. En N. Baumarten, C. Böttger, M. Motz, & J. Probst, *Übersetzen, Interkulturelle Kommunikation, Spracherwerb und Sprachvermittlung – das Leben mit mehreren Sprachen: Festschrift für Juliane House zum 60* (págs. 225-238). Bochum: AKS-Verlag.
- Rael, M. I. (2009). Espacio y tiempo en educación infantil. *Innovación y experiencias educativas*(15), 1-11.
- Reichenbach, H. (1958). *The philosophy of space & time*. Nueva York: Dover Publications.
- Rodríguez, B., & Niño, C. (1991). Relaciones existentes entre las ideas intuitivas en niños de 6 y 7 años de edad y el pensamiento aristotélico al trabajar de forma paralela las nociones de espacio y tiempo. *Monografía*. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Santos, B., Gutierrez, M. P., & Arriscado, J. (2004). Introdução: para ampliar o cânone da ciência: a diversidade epistemológica do mundo. En B. Santos, *Semear outras soluções: os caminhos da biodiversidade e dos conhecimentos rivais* (págs. 23-101). Porto: Edições Afrontamento.
- Segura, D. (2000). Las ATAs: una alternativa didáctica. En E. P. Experimental, *Planteamientos en Educación: Enseñanza de las Ciencias* (págs. 9-38). Bogotá: Colección Polémica Educativa.
- Segura, D., Molina, A., Pedreros, R., Arcos, F., Velasco, A., Leuro, R., & Hernández, G. (1995). *Vivencias de Conocimiento y Cambio Cultural*. Bogotá: Corporación Escuela Pedagógica Experimental CEPE - Colciencias.
- Tenbrink, T. (2006). *Space, time, and the use of language: An investigation of relationships*. Bremen: SFB/TR 8 Spatial Cognition, University of Bremen.
- Valencia, G., & Olivera, M. E. (2005). *Tiempo y espacio: miradas múltiples*. México: CEIICH – UNAM – Plaza y Valdés.
- Wagner, P. (1975). The development of personal space and personal time perspective. *Tesis Doctoral en Filosofía*. Florida.: Universidad de Florida.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. Londres: The Falmer Press.