

***UNA PROPUESTA PARA EL ABORDAJE CRÍTICO DE LA NOCIÓN DE ESPACIO A
PARTIR DE LA PROBLEMATIZACIÓN DEL MOVIMIENTO***

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
Facultad de Ciencias y Tecnología.
Departamento de Física

Presentado por:
José Santiago Torres Velásquez

Trabajo de grado presentado para optar al título de:
Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Directores:
Liliana Tarazona Vargas
Francisco Javier Orozco González

Bogotá D. C., Colombia
2026

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 1:.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
Justificación de la Propuesta.....	11
Preguntas Orientadoras	14
Objetivo General	15
Objetivos Específicos.....	15
CAPÍTULO 2:.....	16
EL ESPACIO A TRAVÉS DEL PENSAMIENTO: UNA HISTORIA DE TENSIONES ENTRE CIENCIA Y FILOSOFÍA.....	16
De la Abstracción Primitiva a la Filosofía Griega	17
El Vacío de los Griegos.....	20
El Absoluto de Newton	23
Leibniz, en contra del Absolutismo	33
Contra la Sustancialidad del Absoluto, el Principio de Mach.....	35
La influencia del Principio de Mach en la Teoría General de la Relatividad de Einstein	39
A manera de reflexión.....	42
CAPÍTULO 3:.....	45
LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE EL PENSAMIENTO CRÍTICO	45
El Pensamiento Crítico y su relación con el Conocimiento.....	46
El Pensamiento Crítico y la Enseñanza de la Física	50
El Pensamiento Crítico en la Enseñanza del Espacio Físico	53
CAPÍTULO 4:.....	58
FUNDAMENTOS Y DISEÑO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA.....	58
Enfoque Disciplinar y Crítico	59
Diseño de la Unidad Didáctica	64
Consideraciones Previas a la Implementación de la Unidad (Actividad Diagnóstico)	84
Caracterización del Contexto de Implementación y de la Población Participante	86
Instrumentos de Recolección y Organización de la Información	88
CAPÍTULO 5.....	92

ORGANIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA	92
Organización de la Información en las Redes Sistémicas.....	93
Aportes de la Actividad Diagnóstica a la propuesta de Unidad Didáctica	112
Resultados de la Implementación Piloto de la Unidad Didáctica	113
Análisis de Resultados (Implementación Piloto).....	128
Análisis: Implementación Piloto.....	140
CONCLUSIONES	148
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	154

ÍNDICE DE ANEXOS

- **Anexo 1**....Contenido Unidad Didáctica
- **Anexo 2**....Contenido Actividad Diagnostica
- **Anexo 3**....Redes Sistémicas de los resultados de la implementación piloto
(este anexo, debido a su extensión, se incluye en el siguiente enlace de Google Drive)
<https://drive.google.com/file/d/1x-YXH962TyUjG943ax8B8gh0NvOL9bjy/view?usp=sharing>
- **Anexo 4**....Diagramas finales realizados por los estudiantes — Actividad 3

INTRODUCCIÓN

El espacio a lo largo de la historia se ha caracterizado por sufrir cambios en la manera de ser interpretado; lo anterior es importante de referenciar debido a que de la interpretación de esta noción se deriva la comprensión de otros fenómenos relacionados con, por ejemplo, la organización del movimiento. Es por esta razón que se considera que su abordaje, en los contextos de enseñanza, debe hacerse desde marcos comparativos que permitan identificar tanto sus sustentos como límites explicativos, esto a través de un contraste conceptual entre distintas maneras de interpretación. No obstante, en la mayoría de los escenarios educativos, el espacio suele abordarse de manera reducida, es decir, sin considerar las tensiones ontológicas y epistemológicas que han marcado una evolución en cuanto a su entendimiento. Lo anterior hace que el estudiante limite el aprendizaje de esta noción a la reproducción de modelos establecidos sin cuestionamiento alguno.

En este sentido, el espacio no es una noción que corresponda a una definición única, sino que su interpretación ha ido cambiando —desde las descripciones sensoriales y experienciales, pasando por las absolutistas, hasta llegar a las relacionistas—. Por lo que llevar estas discusiones al aula de clase abre la oportunidad de un diálogo reflexivo que trasciende el tratamiento conceptual del contenido espacial, de manera que pueda ser asumido como una construcción más dinámica.

A partir de este marco, se pretende orientar el diseño e implementación de una unidad didáctica, que está orientada en la organizar actividades que involucren situaciones problema que inviten a estudiar la noción de espacio desde diferentes marcos interpretativos; esto tomando como referencia las tensiones históricas, en términos ontológicos y epistemológicos, que lo atraviesan. Además, esta propuesta está organizada para lograr integrar el componente disciplinar con el

enfoque crítico, con el propósito de que el estudiante avance por un proceso reflexivo y cuestionable en la conceptualización de esta noción.

En este orden de ideas, el documento se estructura en cinco capítulos. En el primero, se presenta la situación problema, la justificación, las preguntas orientadoras y los objetivos que guían la propuesta de investigación. El segundo contempla el abordaje del componente disciplinar, en el que se abordan las maneras de concebir el espacio a lo largo de la historia, con un enfoque ontológico y epistemológico. El tercero desea introducir la importancia del componente crítico en los procesos de formación, centrado en el desarrollo de habilidades críticas en el contexto de la enseñanza de las ciencias. El cuarto presenta la metodología, la cual describe el enfoque tanto disciplinar como crítico, el contexto aplicativo, el diseño de la propuesta, los instrumentos de recolección de información y la estrategia de sistematización. Por último, el quinto capítulo presenta los resultados y análisis de datos, en el que se pretende valorar tanto las producciones de los estudiantes como el valor pedagógico de la propuesta.

CAPÍTULO 1:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La enseñanza de las ciencias naturales, independiente del nivel académico (educación básica o niveles de pregrado), generalmente representa un reto de aprendizaje para los estudiantes que se encuentran en cursos iniciales de su trayectoria formativa. Tomando la física como caso particular, en la formación inicial, los primeros cursos suelen estar orientados a la construcción de bases conceptuales y teóricas que son importantes para comprender la estructura inicial de esta disciplina —como la mecánica clásica, el electromagnetismo y la termodinámica—. Estos referentes, aparte de resultar fundamentales para la comprensión de teorías posteriores, que requieren de una mayor coherencia interna, también representan una gran utilidad en el campo laboral actual, tanto a nivel tecnológico como a nivel investigativo.

Sin embargo, cuando la enseñanza de estas teorías se limita a la transmisión de modelos que se asumen como verdades absolutas, es decir, como teorías finalizadas e incuestionables, sin dar lugar a, por ejemplo: una reflexión acerca de las condiciones que se proponen para dar sentido a las formulaciones teóricas, o, al análisis de las limitaciones explicativas que reflejan determinadas teorías o conceptos. Se puede llegar entonces a establecer en los estudiantes la idea de que muchas teorías científicas, y los conceptos que las respaldan, terminan por ser verdades absolutas e inmutables.

Este limitante, en la manera de enseñar la física, puede dificultar una transición hacia un panorama de ciencia más amplio, en el sentido de poder reconocerla como: un campo de estudio abierto, dinámico y sujeto a revisiones profundas; principalmente si se consideran los cambios de

paradigma¹ que han redefinido nuestra comprensión del universo en el siglo XXI. Además, las mismas limitaciones pueden ocasionar también que los estudiantes presenten dificultades de aprendizaje, en niveles más avanzados, al enfrentarse a una nueva manera de interpretar determinadas nociones desde marcos interpretativos diferentes, obstaculizando así una introducción en el estudio de las teorías modernas.

En este sentido, se considera que la enseñanza de las ciencias en estos contextos (de niveles iniciales) se presenta como un escenario privilegiado no solo para promover los fundamentos teóricos y disciplinares propios del campo de estudio, sino además, para lograr articular sus explicaciones con las reflexiones filosóficas (ontológicas y epistemológicas), esto considerando el aporte de estas dimensiones respecto al análisis y organización del conocimiento. De este modo, lo que se desea es promover un acercamiento a la ciencia que supere su comprensión técnica y operativa, y permita situarla como un campo de estudio en el cual las ideas de conocimiento se asumen desde una postura crítica.

Este enfoque puede cobrar especial valor en la enseñanza de conceptos que han tenido cambios importantes, a lo largo del tiempo, en la manera que han de ser interpretados, como, por ejemplo, la noción de espacio. Para este caso particular, —en donde, con base en un estudio histórico previo—, se reconocen cambios en la manera de interpretar esta noción, desde antes de la postulación de la física clásica hasta los postulados de la física moderna, reconociendo así, la

¹ En este contexto, el término paradigma se entiende en el sentido desarrollado por Thomas Kuhn en *La estructura de las revoluciones científicas*, (1962). Un paradigma no se reduce a una teoría aislada, sino que constituye el conjunto de supuestos, valores, métodos y creencias compartidos por una comunidad científica, que orienta la manera en que se investiga e interpreta la realidad. Desde esta misma mirada, se entiende el cambio de paradigma como la reorganización en el entendimiento que hace que un marco conceptual sea reemplazado por otro completamente incompatible, demostrando además, que el conocimiento científico no se concibe en términos de progreso acumulativo, sino como resultado de “revoluciones” que transforman radicalmente la manera de comprensión en la ciencia (Kuhn, 1962).

importancia de acudir a dichas definiciones asumiendo posturas que permitan reconocer su aplicabilidad explicativa dentro de contextos determinados.

Galvis (2019), señala que desde la introducción a cursos afines con el estudio de las teorías clásicas —como las leyes de Newton— los estudiantes, a través de distintos niveles formativos, suelen enfrentar dificultades en la asimilación e interpretación de significados conceptuales; esto se evidencia en una explicación errónea o en la comprensión rígida e incuestionable de determinados conceptos.

Por ende, acudir a métodos de enseñanza completamente técnicos y matemáticos —sin demeritar su valor e importancia— no garantiza que se desarrollen proceso de aprendizaje totalmente efectivos; sino, más bien, lo que se refleja es la necesidad de fortalecer estas líneas matemáticas desde una comprensión epistemológica que permita contextualizar las teorías en cuanto a sus formulaciones y mismos límites, con el fin de elaborar consideraciones interpretativas más robustas frente al conocimiento científico.

Además, este tipo de aproximaciones también contribuye para abordar el conocimiento desde una perspectiva crítica, en la medida en que promueve la capacidad de analizar problemas de manera sistemática, permitiendo adoptar posturas fundamentadas y confiar en el razonamiento como una herramienta de construcción de conocimiento (Facione, citado por Galvis, 2019). Lo cual es algo muy importante al momento de “dialogar” con el conocimiento científico.

De esta manera, abordar la noción de espacio desde consideraciones tanto disciplinares como filosóficas, puede aportar a que los estudiantes reconozcan que, en la ciencia, definiciones aparentemente claras y estables —como la de espacio— son en realidad ideas abiertas a debate y

reinterpretación, lo que puede ayudar a ampliar su capacidad para abordar críticamente no sólo las definiciones asociadas con el espacio, sino de la ciencia en general.

A partir de las consideraciones anteriores, se piensa en una propuesta que logre articular el análisis disciplinar de las teorías científicas, acerca del espacio, con una mirada filosófica que permita profundizar en los aspectos epistémicos y ontológicos de esta noción. Puede aportar a que los estudiantes reorganicen, secuencialmente, sus estructuras de pensamiento, tal que, desde posturas críticas, puedan reconocer tensiones conceptuales dentro de las teorías espaciales, que los obligue a definir comparaciones claras respecto a la conceptualización del espacio, desde diferentes supuestos como de manera general.

Por lo cual, se pone de manifiesto la necesidad de una propuesta educativa², enmarcada en el diseño de una Unidad Didáctica, que esté orientada a fomentar un análisis y reflexión en torno a la noción de espacio. Esto con ayuda del abordaje de situaciones, fundada en contextos cotidianos, que requieren del análisis en la descripción del movimiento y de su relación con el referente espacial; de manera que, se funde un diálogo que permita contrastar: la utilidad de un marco absoluto para lograr referenciar el movimiento, y la capacidad de orientar cuestionamientos respecto a este referente, contrastándolo con otras interpretaciones espaciales, como las que lo formulan como un sistema de relaciones.

En conclusión se reconoce que el valor formativo de poner en contraste las distintas interpretaciones de la conceptualización del espacio, está en acercar a los estudiantes al estudio de

² En este trabajo, se entiende la propuesta educativa, dentro del marco de la Unidad Didáctica, como el diseño de un material metodológico de enseñanza que está situado en un contexto específico, y que tiene como intención articular los objetivos, el contenidos de la implementación y evolución de manera tal que orienten la práctica docente. Al respecto, Díaz Barriga y Hernández (2010), señalan que este tipo de propuestas constituye un recurso que integra teoría y práctica, permitiendo diseñar experiencias con sentido pedagógico, en el sentido que fortalece los procesos de aprendizaje de los estudiantes, y aporta al contenido reflexivo de la práctica docente.

la física desde una confrontación de paradigmas, que no solo les posibilite cuestionar la naturaleza del espacio, sino que además, les permita interpretar el proceder de la ciencia, desde una perspectiva crítica, en la construcción de conocimiento.

Justificación de la Propuesta

El valor del enfoque crítico en la conceptualización del espacio

El pensamiento crítico (PC) dentro de los procesos de formación, tienen como intención promover la reflexión y el análisis en torno a los contenidos disciplinares. Tal como lo señala Brookfield (2011), el mismo PC, termina convirtiéndose en una herramienta formativa que articula la problematización, la argumentación y la construcción de interpretaciones propias del individuo, tal que, en conjunto permiten hacer un acercamiento reflexivo en cuanto a lo ¿qué se aprende? y ¿cómo se aprende?

Por lo tanto, en el ámbito de las ciencias naturales, este enfoque crítico no se limita a la definición de conceptos terminados o a la simple descripción de fenómenos, sino que más bien, invita a identificar las situaciones problema que logran plasmar supuestos, que luego permiten sustentar y dar cuenta de las estructuras conceptuales que permean las bases del conocimiento científico. Permitiendo con esto, hacer un acercamiento a las teorías científicas de manera más detallada respecto a la manera en la que se pueden comprender determinadas nociones dentro de contextos determinados.

Es por esta razón que, generar un contraste entre las distintas maneras de concebir el espacio, desde las teorías clásicas hasta las bases que impulsaron las teorías modernas, permite no solo cuestionar la idea de espacio, como un cuerpo estático de conocimiento. Sino que promueve una necesidad

de responder acerca de interrogantes de cómo se construye, transforma y validan las explicaciones dentro del ámbito científico. En este sentido, el estudio del espacio deja de asumirse como una noción dada y pasa a comprenderse como una construcción teórica sujeta a revisión, lo que amplía las posibilidades de interpretación y comprensión dentro de distintos campos de la física.

Es importante resaltar que, la perspectiva de poner en contraste y discusión estas teorías científicas se ve reforzada por enfoques formativos de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, en donde, en varias ocasiones, los conceptos científicos que fueron abordados en clase se presentaron desde un carácter o contexto problemático y no como entidades totalmente definidas y acabadas. En este sentido, nociones como la energía —en sus diversas manifestaciones—, así como la entropía, la entalpía o la estructura química y molecular de la materia (estudiados en los cursos de: *Fenomenología de transformación de las sustancias* y *Organización de los fenómenos físicos*), me permitieron dar cuenta de la necesidad de propiciar escenarios de reflexión crítica que permitan reconocer el verdadero alcance y utilidad de estas nociones abstractas.

Desde esta mirada, el concepto de espacio se configura como un campo de estudio problematizador que no sólo permite su abordaje desde la ciencia, sino que también posibilita comprenderlo como una construcción conceptual abierta al cuestionamiento y la transformación —como lo es la ciencia en general. —

Por lo tanto, a nivel *ontológico y epistemológico*, el enfoque crítico permite profundizar en el análisis de las condiciones bajo la cuales se configuran las distintas concepciones de espacio, atendiendo tanto a los supuestos que las sustentan como a los contextos en los que emergen. En este sentido se desea orientar el análisis hacia la identificación y el contraste de los criterios que diferencian dichas concepciones, particularmente aproximándose desde la manera en que se entiende y argumenta: el movimiento, los sistemas de referencia y la estructura misma del espacio.

Esto favorece que los estudiantes no solo reconozcan diferencias entre perspectivas, sino que elaboren interpretaciones propias a partir de argumentos fundamentados.

Ahora, desde el plano *pedagógico*, esta aproximación crítica se concreta en la manera en que los estudiantes abordan el análisis de las distintas concepciones de espacio. La confrontación entre perspectivas y la identificación de tensiones conceptuales generan un escenario en el que se hace necesario argumentar, justificar y tomar posiciones claras frente a los problemas planteados. Es por esto que, se desea favorecer la problematización de situaciones³ desde el análisis comparativo del espacio, en la que el concepto no se limite a simples definiciones, sino que el estudio de este requiera de un carácter reflexivo que exija una comprensión que considere tanto las causas como las implicaciones de su conceptualización.

Finalmente, también se reconoce que la relevancia del pensamiento crítico va más allá del ámbito académico. Al promover una postura reflexiva en torno al concepto de espacio y a su evolución histórica desde diferentes marcos de referencia, lo que se desea con este trabajo de grado es contribuir a que los estudiantes desarrollen habilidades cognitivas e intelectuales para analizar situaciones complejas, formular juicios sustentados y tomar decisiones con responsabilidad (Facione, citado por Galvis, 2019). Estos aprendizajes no solo enriquecen su desempeño en el

³ Resulta pertinente señalar que, la configuración de esta propuesta no surge únicamente de consideraciones teóricas, sino también de experiencias formativas dentro de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, particularmente en el curso de “*Comprensión de lo vivo*”, en el cual la noción de respiración fue abordada desde una perspectiva alejada de lo convencional, es decir, en lugar de partir de definiciones formales tomadas de documentos científicos, se privilegió el enfoque “*de la experiencia a la pregunta*”. En donde a través de una salida de campo (al Parque Natural Chicaque) se propició la interacción con el entorno, dando oportunidad a formular un interrogante que de entrada parecía simple de responder, y era: de que si el ortóptero —saltamontes— observado en el parque ¿tiene la capacidad de respirar?

Este cuestionamiento permitió ampliar la reflexión hacia el reconcomiendo de lo que hace vivo a un ser, sus características, similitudes y diferencias, profundizando así la noción de vida. El análisis posterior reflejó como una pregunta inicial puede derivar en procesos dinámicos de aprendizaje en el que las experiencias se articulan con nuevos marcos interpretativos, generando explicaciones más contextualizadas. Esto resulta relevante en la enseñanza, ya que favorece la iniciativa de preguntas que surgen de la interacción del sujeto con su entorno, en lugar de que sean impuestas.

campo de la física, sino que también fortalecen su capacidad de actuar con criterio en su vida personal y en su participación dentro de la sociedad.

Preguntas Orientadoras

En coherencia con los párrafos anteriores, se formulan dos preguntas orientadoras que guían el desarrollo de la indagación del material bibliográfico y el alcance de la propuesta. La primera, se centra en la labor docente y busca dar cuenta del valor formativo que hay en reconocer, cómo surgen los escenarios de tensión conceptual en torno a la noción de espacio, y de qué manera este reconocimiento permite orientar la organización de propuestas —dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje—, estructuradas en actividades que favorezcan un abordaje reflexivo del conocimiento. En ese orden de ideas, es válido cuestionarse acerca de: ¿Cómo reconocer las tensiones ontológicas y epistemológicas asociadas al espacio logra aportar en la organización de una propuesta de unidad que promueva una comprensión reflexiva y crítica de esta noción?

La segunda pregunta, se orientan más hacia el estudiante y tiene como propósito analizar, cómo la implementación de una unidad, que incluya actividades que promueven la confrontación y contraste entre modelos relacionados con diversas concepciones de espacio —y a través de un análisis que incorpora la descripción del movimiento—, puede favorecer a que emerjan, en los estudiantes, procesos de análisis, evaluación y reinterpretación en torno a esta noción; procesos que se evidencian en la calidad de los elementos argumentativos presentes en las explicaciones que estos elaboran frente a contextos específicos. Por ende, nos cuestionamos, ¿De qué manera la implementación de actividades, que involucren la caracterización del movimiento, favorece a la

comparación de modelos físicos acerca del espacio guiando a los estudiantes hacia una comprensión crítica de esta noción?

Estas preguntas orientan la organización de los referentes, tanto disciplinares como metodológicos, que configuran el marco teórico de la propuesta y sustentan el diseño de la unidad didáctica. Al mismo tiempo, permiten guiar el análisis e interpretación de las explicaciones elaboradas por parte de los estudiantes.

Objetivo General

Elaborar una propuesta de unidad didáctica que esté orientada al contraste de distintas conceptualizaciones de espacio, a partir del análisis del movimiento y los sistemas de referencia, con el propósito de favorecer un acercamiento crítico a la comprensión de esta noción.

Objetivos Específicos

1. Reconocer las definiciones ontológicas y epistemológicas del espacio, a partir de un recorrido histórico, con el fin de referenciar las tensiones teóricas y conceptuales que permitan orientar el diseño de una unidad.
2. Diseñar actividades que fomenten situaciones problema centradas en el análisis del movimiento y su relación con las distintas nociones de espacio, que promuevan una comparación crítica acerca de las interpretaciones espaciales.
3. Analizar los resultados de una implementación piloto de la unidad, con el fin de identificar alcances y posibles ajustes de esta, en relación con su contribución a fortalecer procesos de interpretación, análisis y explicación del espacio, reflejados en la capacidad argumentativa.

CAPÍTULO 2:

EL ESPACIO A TRAVÉS DEL PENSAMIENTO: UNA HISTORIA DE TENSIONES ENTRE CIENCIA Y FILOSOFÍA

En este capítulo se presenta un referente teórico en torno a la noción de espacio; este se constituye en un recorrido histórico, que permite identificar que la interpretación y conceptualización de esta noción ha estado sujeta a distintos marcos explicativos a lo largo del tiempo. En un primer momento, se reconoce una comprensión espacial primitiva, ligada a la experiencia sensible, en donde el espacio actúa como un escenario inmediato que está asociado a los hechos cotidianos y al carácter tangible de los cuerpos; sin embargo, con el paso del tiempo, el planteamiento de situaciones problema relacionadas con la descripción del movimiento serán un motivo para precisar y formalizar esta noción, al punto de considerar la introducción de marcos de referencia de naturaleza abstracta, que permiten una configuración geométrica para la explicación de distintos fenómenos físicos. Este tránsito de ideas se da entre dos posturas que contrastan bastante en la manera de concebir el espacio, que van desde un carácter absoluto —propuesto por Newton—, hasta un enfoque con perspectivas relacionales —establecido por Leibniz y Mach—.

Este apartado no solo permite la configuración de un soporte teórico que describe la evolución conceptual del espacio, sino que también permite identificar los supuestos ontológicos y epistemológicos que dan cuenta de las tensiones conceptuales que atraviesa esta formulación. Con esto, se desea cumplir con la indagación del objetivo específico que busca reconocer dichos supuestos y tensiones con el fin de orientar el diseño de una unidad didáctica.

De la Abstracción Primitiva a la Filosofía Griega

La noción de espacio ha sido de constante interés en la historia del pensamiento humano, al menos como un referente para la ubicación de los cuerpos u objetos, esta idea de espacio, como veremos, está íntimamente ligada a la experiencia sensorial y a las condiciones del contexto que rodean al ser humano. Por lo tanto, como menciona Jammer (1993), las primeras civilizaciones concebían el espacio de una manera concreta que estaba determinada por las experiencias locales y los eventos naturales de su entorno, sin la necesidad de vincularlo con algo abstracto, o con determinadas propiedades, era algo netamente tangible, lo que implica que el espacio es una realidad llena de significados como, por ejemplo, las montañas, el río, el sol, las estrellas, etc., por lo que la mente primitiva no lograba ni requería extraer el concepto de espacio de la experiencia directa.

En este sentido el espacio funcionaba como un sistema de orientaciones que modelaba la percepción del mundo organizado la relación entre fenómenos naturales, como la salida del sol o los ciclos lunares, estos acontecimientos eran fundamentales para determinar el entorno espacial. Sin embargo, esta visión tan concreta y restringida del espacio va a contrastar con los desarrollos posteriores del pensamiento humano donde el espacio comienza a ser entendido como una categoría abstracta, ya que, de civilizaciones poco más avanzadas, como los griegos y romanos, surgieron nociones geométricas que comenzaron a desvincular el espacio de la experiencia directa y a tratarlo como un ente en sí mismo.

De esta manera los filósofos griegos, pitagóricos entre los 450 y 350 años a.C., desempeñaron un papel fundamental en esta discusión al introducir la idea de un espacio abstracto marcado por una clara distinción entre la materia y el vacío; esta separación permite entender el espacio no solo como un recipiente lleno de cuerpos físicos, sino que también, contenía un vacío que permitía la

extensión y el movimiento de esos cuerpos. Este concepto de “vacío” fue crucial en cuanto a que implicaba que el espacio no dependía necesariamente de la presencia de materia para existir, esto marcó el inicio de una comprensión más abstracta del espacio, lo que podría ser considerado como un primer acercamiento a la contemplación de imaginar el espacio no solo como un ente continuo y homogéneo, sino también considerar la posibilidad de que existiera más allá de los sentidos que se pueden percibir (Jammer, 1993).

Es notable como la introducción del vacío por parte de los pitagóricos abrió nuevas posibilidades para una visión y posturas del espacio desde la física y la astronomía, ya que, al reconocer que el espacio podía estar vacío, los griegos se enfrentaron por primera vez a la idea de que los cuerpos podían moverse a través de un “medio” que no necesariamente estuviera lleno de materia. Esta idea del vacío sería retomada y redefinida por otros filósofos griegos, entre ellos Aristóteles, quien mantuvo un enfoque más ligado a la realidad tangible para explicar cómo los cuerpos existen y se relacionan en el espacio. Así, Aristóteles, basándose en la noción de “topos” o lugar, definía el “espacio [como] la suma total de todos los lugares ocupados por los cuerpos, y "lugar" (topos), por el contrario, se concibe como aquella parte del espacio cuyos límites coinciden con los límites del cuerpo ocupante” (Jammer, 1993, p. 6).

Esta distinción es fundamental para comprender el pensamiento aristotélico acerca del espacio, ya que el espacio no es un ente independiente de los fenómenos físicos, sino que depende de ellos, de este modo el espacio se define a partir de la relación entre los cuerpos y los lugares que estos ocupan, por lo que, el espacio no es un concepto abstracto, más bien una realidad física que está delimitada por los cuerpos que contiene.

A pesar de la interesante introducción de la noción de lugar, Aristóteles rechazaba la idea de vacío, para él, el vacío no podía existir porque el espacio no tenía sentido sin la presencia de cuerpos

físicos que lo definieron. Esta postura limitaba su teoría, impidiendo que pudiera desarrollar una comprensión más amplia y abstracta del espacio, el rechazo del vacío reflejaba la creencia aristotélica de que todo fenómeno en la naturaleza debe tener una causa física y concreta, el espacio vacío carecía de su causa y, por lo tanto, no podía formar parte de la realidad.

Este rechazo del vacío también tiene implicaciones en la manera en que Aristóteles entendía el movimiento, ya que, para que los cuerpos pudieran moverse necesitaba un lugar en el cual poder hacerlo, y ese lugar siempre estaba ocupado por otro cuerpo, es decir el movimiento era el desplazamiento de un cuerpo a través de un lugar concreto, pero siempre en relación con otros cuerpos, un ejemplo, recuperado por Jammer (1993), sería: imaginar el desplazamiento de una piedra en un río, para que la piedra pueda moverse de un lugar a otro, necesita un medio físico que le rodee, en este caso el agua del río, la piedra desplaza el agua al moverse y ese desplazamiento implica que el lugar que la piedra ocupa en un momento dado estaba inmediatamente antes lleno por el agua allí alojada, mientras que el lugar de la piedra, una vez abandonado, es inmediatamente ocupado por el agua antes desalojada, no existe en ningún momento el vacío entre la piedra y el agua.

A pesar de que el enfoque de Aristóteles sobre el espacio y el lugar fue extremadamente influyente durante siglos, su visión fue cuestionada y ampliada por teorías científicas posteriores, sin embargo, hasta aquí, lo que resulta verdaderamente revelador al revisar estas concepciones de espacio es constatar cómo, desde las primeras enunciaciones, el espacio ha estado íntimamente ligado a la sensibilidad humana. En sus orígenes el espacio no se concibe como una entidad abstracta, sino como una extensión tangible inseparable de los cuerpos y fenómenos naturales que lo delimitaban, esta comprensión sensible, lejos de ser ingenua, pone de manifiesto una forma de conocimiento profundamente arraigada a la experiencia.

No obstante, es precisamente al intentar concebir una descripción del movimiento de los cuerpos cuando surge la necesidad de postular un espacio vacío, un escenario que haga posible la dinámica del mundo, esta transición representa un punto de cambio: el espacio comienza a ser definido no sólo como aquello que se percibe, sino también como aquello que se piensa. Incluso cuando filósofos como Aristóteles niegan la existencia del vacío, su reflexión sobre la relación entre cuerpo y lugar deja entrever una preocupación fundamental por intentar comprender el espacio como una realidad relacional, dependiente de los entes físicos. En este sentido, se evidencia que la conceptualización del espacio comienza a ser, en gran parte, una construcción humana como respuesta intelectual frente a fenómenos que desbordan lo puramente sensible.

El Vacío de los Griegos

Desde los albores de la cultura griega, el espacio emergió como una propiedad fundamental dentro de las reflexiones cosmológicas y filosóficas. Pensadores como Pitágoras, atribuía a los números ciertas características de “espacialidad”, siendo esta entendida como una separación entre los cuerpos y entidades más que como ente físico, para él, el vacío, aunque confuso aún, funcionaba como límite entre los elementos numéricos y geométricos. Esta distinción inicial muestra que el espacio no era considerado aún como entidad en sí con determinadas propiedades, sino más bien como una condición necesaria para la argumentación separada de los cuerpos y los números.

Además, las ideas del filósofo y matemático Arquitas, representan un momento importante en la evolución del pensamiento en torno al espacio, él al igual que Aristóteles, diferencia entre la materia, lugar (topos) y espacio. Afirmaba que todo cuerpo necesitaba de un lugar para existir, y que ese lugar es anterior incluso a cualquier movimiento, su perspectiva sugiere que el espacio tiene una existencia independiente de los cuerpos, sirviendo más como marco donde estos se sitúan

y limitan. También, a Arquitas se le atribuye la idea de que, el espacio no está contenido en nada, mientras que todos los cuerpos están contenidos en el espacio, esta visión ayudará a introducir la dimensión metafísica del espacio como receptáculo universal (Jammer, 1993).

Por otra parte, la escuela atomista, encabezada por Leucipo y Demócrito, fue una de las que defendió la existencia del espacio vacío como contraparte del espacio lleno. En su visión el universo se compone tanto de materia como de espacios vacíos que permiten el movimiento y la individualidad de los átomos; aquí el espacio ya no es simplemente separación o frontera, sino también un lugar desocupado que posibilita la dinámica de los fenómenos físicos. Asimismo, Epicuro de Samos, plantea que el espacio se afirma como un vacío infinito en el que se ubican los cuerpos, y, a través del cual se mueven, esta condición lo convierte en un receptáculo de naturaleza homogénea, aunque no necesariamente isotrópico, ya que se le atribuye una dirección preferente, como la vertical, por donde se desplazan los átomos (Jammer, 1993).

En respuesta, Aristóteles reorienta el análisis del concepto de “topos” (lugar), considerándolo como una propiedad relacional del cuerpo con su entorno inmediato, para él el espacio no es una entidad autónoma sino una suma de lugares, cada uno definido por el cuerpo que lo ocupa, lo anterior, ligado a su intención de continuar manteniendo una negativa a la existencia del vacío. Sin embargo, es un discípulo de Aristóteles, Teofrasto, quien planteó críticas importantes a la visión de su maestro, cuestionando la incomprensibilidad del universo como algo que no está en el espacio, y propuso considerar el espacio no como una entidad en sí, sino como una relación ordenada entre los cuerpos, así, el espacio no es una cosa, sino una red de relaciones posicionales (Jammer, 1993).

Con este nuevo pensamiento, de por sí estoico, el concepto de espacio sufrió transformaciones significativas, ya que la continuidad, que para Aristóteles era solo una propiedad geométrica de los

cuerpos, se convierte en un principio físico activo, responsable de la transmisión de procesos de localización a través del espacio. En esta perspectiva, el espacio adquiere el carácter de un campo de acción, mientras que el vacío, por su condición inmaterial y su falta de continuidad, queda excluido del mundo físico, pues no puede generar percepciones sensoriales ni tener efectos sobre la materia.

Las controversias generales por estas ideas llevaron a replantear el problema del espacio, que ya no podía abordarse como una cuestión unitaria, se hace necesario distinguir entre espacio y vacío, una complejidad que para la época probablemente influyó en la dificultad de las matemáticas griegas para tratar el espacio como tema de estudio científico. Aunque existen indicios de representaciones espaciales en culturas anteriores, como por ejemplo en símbolos jeroglíficos egipcios para la distribución geográfica, que se asemeja a un sistema de coordenadas rectangulares, lo cierto es que las matemáticas griegas no desarrollaron un sistema de coordenadas espaciales, esta idea no se planteó con seriedad sino hasta el siglo XVII.

Lo que resulta especialmente significativo en este momento del pensamiento antiguo es cómo la necesidad de explicar el movimiento impulsa una transformación radical en la manera de concebir el espacio. La propuesta de un espacio vacío, como la planteada por Epicuro, inaugura una manera de pensamiento que asume una perspectiva racionalista: el espacio deja de ser algo que se percibe directamente y pasa a ser algo que se deduce, a partir de esto, el espacio comienza a adquirir propiedades que no se derivan de la experiencia sensible, sino que emergen como resultado de una construcción intelectual que es orientada a dar cuenta de fenómenos físicos. Esta racionalización marca un punto donde el espacio deja de concebirse como un mero contenedor pasivo para convertirse en un ente dotado de “estructura”.

En paralelo, la crítica de Teofrasto y el pensamiento de los estoicos introducen una dimensión aún más compleja: la del espacio como red de relaciones. Esta perspectiva, que niega al espacio el carácter de entidad sustancial, permite concebirlo como una organización relacional entre cuerpos, donde lo espacial no se manifiesta como cosa, sino como forma de orden. Por tanto, lo que se rescata de estas propuestas, no es únicamente su valor histórico, sino también su potencial conceptual, al concebir el espacio como una construcción racional y relacional se permite trascender de la dicotomía entre lo sensible y abstracto, para entenderlo como una categoría estructurada, en parte, por las relaciones que posibilita.

El Absoluto de Newton

La noción de espacio ha sido fundamental en el desarrollo de la física clásica, particularmente en las teorías desarrolladas por Isaac Newton. El espacio, tal como lo conceptualiza Newton, no es sólo un mero trasfondo relacional para el movimiento de los cuerpos, sino que, además es una estructura absoluta con ciertas características ontológicas determinadas, esto claro, con la intención de que el espacio pueda ser relacionado de manera precisa con algunas de las ideas que él desea introducir en el análisis de los fenómenos naturales, como: el estado de movimiento de los cuerpos y su correlación con el estado de inercia. Sin embargo, es necesario detenerse en esta noción de espacio absoluto, no sólo para entender su utilidad y alcance, sino también, para reflexionar acerca de nuestras intuiciones acerca del movimiento.

Newton postuló la existencia de un espacio absoluto, inmóvil y sin relación con los cuerpos que en él se encuentran. En su publicación, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, dada a conocer en 1686, Newton afirma que:

El espacio absoluto, tomado en su naturaleza, sin relación a nada externo, permanece siempre similar e inmóvil... [contiene] el espacio relativo que es alguna dimensión o medida móvil del anterior, que nuestros sentidos determinan por su posición con respecto a los cuerpos y que el vulgo confunde con el espacio inmóvil. (Cárdenas y Botero, 2009, p. 3)

Esta idea le permite a Newton fundamentar sus leyes del movimiento en una estructura fija e inmutable, donde el cambio de posición de un cuerpo tiene sentido sólo en relación con este fondo estático, esto hace que la concepción absoluta de espacio se convierta en la necesidad teórica para el funcionamiento de las leyes Newtonianas, especialmente, para la formalización de su Ley de la Inercia. Esta concepción del espacio establece un escenario en el que el movimiento de los cuerpos no depende de un centro fijo, contrastando así con las visiones aristotélicas, que establece un punto central en el universo hacia el cual se mueven los cuerpos (el centro del universo, es decir, la Tierra). Para Newton, el movimiento consiste en un cambio de ubicación de los cuerpos en un espacio absoluto e infinito que carece de centro físico, lo que subraya la importancia del espacio como una entidad independiente de los cuerpos y del movimiento de estos.

Por tanto, y teniendo claridad de que científicos como Copérnico y Galileo ya habían concebido una noción de *Inercia*, se puede citar que la Ley de la Inercia que es introducida por Newton, y de interés en este caso por su relación con la noción de espacio, establece que:

Todos los cuerpos se mantienen en su estado de descanso o de movimiento uniforme en línea recta, salvo que se les obligué a cambiar su estado [de inercia], mediante la imposición de fuerzas externas (Newton, citado por Maudlin, 2014, p. 22).

Lo anterior implica entonces que, el espacio absoluto se relaciona con los cuerpos proporcionando un contexto donde se manifiestan las propiedades inerciales, es decir: si un cuerpo se encuentra en estado de movimiento rectilíneo uniforme, sin la interacción con fuerzas externas, este se continuará moviendo en ese estado a lo largo de la inmensidad absoluta e infinita del espacio absoluto newtoniano. Esta visión resalta la relación entre el espacio absoluto y el movimiento de los cuerpos, donde el espacio no solo sirve como contenedor, sino que influye activamente en la descripción de la dinámica de los cuerpos.

Esta postura, consecuencia del estado de inercia y del espacio absoluto, es reforzada por Newton de una manera empírica con la realización de algunos experimentos, como, por ejemplo, el del famoso balde con agua, experiencia que se ilustra en la Figura 1, y la cual consiste en el siguiente montaje:

Llene usted un balde con agua, cuélgüelo del techo con una cuerda y enrosque la cuerda, al soltarla la cuerda comienza a desenrollarse, y el experimento avanza en cuatro etapas:

- 1) La superficie del agua será plana al principio, al igual que antes del movimiento del recipiente, pero luego, al transmitir el balde su fuerza [de rotación] poco a poco al agua, hace que esta también comience a girar sensiblemente, se vaya apartando poco al del centro y ascienda hacia los bordes del recipiente, formando una figura cóncava [que sube más y más], hasta que, efectuando sus revoluciones en tiempo iguales que el recipiente, posee relativamente en él. Muestra este ascenso del agua el intento de separarse del centro del movimiento, y por tal intento se manifiesta y se mide el movimiento circular verdadero y absoluto del agua, y aquí contrario totalmente al movimiento relativo.

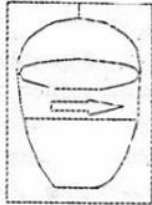
- 2) Este conato [cono] no depende de la translación del agua respecto a los cuerpos circundantes, y, por tanto, el movimiento circular verdadero no puede definirse por tales translaciones. Único es el movimiento circular verdadero de cualquier cuerpo que gira, y responde a un conato único como un verdadero y adecuado efecto; los movimientos relativos, en cambio, por las múltiples relaciones externas, son innumerables, pero como las relaciones carecen por completo de efectos verdaderos, a no ser en tanto que participan de aquel único y verdadero movimiento.

(Newton, citado por Maudlin, 2014, p. 38)

El experimento anterior permite ilustrar cómo se comporta un cuerpo sometido a un movimiento de rotación. Al hacer girar el balde con agua, se observa que la superficie del líquido asciende por las paredes del balde formando una curvatura cóncava. Este experimento se explica porque el agua, al girar necesita una fuerza que la mantenga en trayectoria circular, una fuerza centrípeta, que en este caso es transmitida por el balde en movimiento. Así, aunque pareciera que el agua se encuentra en reposo respecto al balde, en realidad existe un movimiento relativo que evidencia la interacción dinámica entre ambos, y es, su movimiento respecto a la Tierra (que no está en reposo). No obstante, para Newton, esta experiencia sencilla era evidencia de la existencia de un espacio absoluto: un fondo inmutable sobre el cual podían medirse los movimientos de los cuerpos, independientemente de cualquier otro cuerpo de referencia; en síntesis, Newton usa este experimento de argumento para sustentar la idea de un espacio que existe más allá de las cosas y las percepciones sensibles.

Figura 1

Ilustración del experimento del balde con agua de I. Newton

Fase 1	Fase 2	Fase 3
		
Balde en rotación	Balde en rotación	Balde inmóvil
Líquido inmóvil	Líquido en rotación	Líquido en rotación
Existe un movimiento relativo entre balde y agua	No hay movimiento relativo entre balde y agua	Existe un movimiento relativo entre balde y agua
Superficie: plana	Superficie: curva	Superficie: curva

Nota. Tomado de Cárdenas y Botero (2009), Leibniz, Mach y Einstein: tres objeciones al espacio absoluto de Newton. [Discusiones-Tres Objeciones al Espacio de Newton.pdf](#)

En este punto, del progreso en la interpretación del espacio, se hace evidente un giro decisivo hacia una comprensión plenamente racionalista: el espacio absoluto, tal como lo formula Newton, se desvincula por completo de la experiencia sensible para convertirse en una necesidad teórica que sustenta la formulación de leyes físicas fundamentales, como, por ejemplo, la Ley de la Inercia. De esta manera, cobran mayor validez las afirmaciones introductorias acerca del movimiento uniforme, que se derivan luego en el diálogo de fuerzas uniformes.

Pero además, y de manera más relevante para esta discusión, estas proposiciones terminan dotando al espacio con una identidad ontológica propia: la de un contenedor uniforme e infinito, sin relación directa con los cuerpos que contiene. Con esta nueva formulación, el espacio deja de ser concebido como un mero contenedor pasivo para convertirse en una estructura teórica que, sin intervenir directamente en la dinámica de los cuerpos, si permite describir de gran manera su

comportamiento, puntualmente en una situación muy usual para la época, que era el movimiento de los cuerpos celestes.

Pero además, y de manera más relevante para estas discusiones, estas proposiciones terminan dotando al espacio con una identidad ontológica propia: la de un contenedor uniforme e infinito, sin relación directa con los cuerpos que contiene. Con esta nueva formulación, el espacio deja de ser concebido como un mero contenedor pasivo para convertirse en una estructura teórica que, sin intervenir directamente en la dinámica de los cuerpos, si permite describir de gran manera su comportamiento, puntualmente en una situación muy usual para la época, que era el movimiento de los cuerpos celestes.

Espacio y estructura, la formulación de la Segunda Ley de Newton

Galileo Galilei, a través de sus experimentos con planos inclinados, hipotetizó que un cuerpo, en ausencia de fricción, tendría a conservar su estado de movimiento, inicialmente pensaba que este movimiento, inercial, debía ser circular y uniforme (guiado por sus ideas aristotélicas del movimiento circular como un movimiento especial). Su intuición fue revolucionaria, pues proponía que no todo movimiento requería de la aplicación de una fuerza constante para mantenerse en movimiento, sino que existe un tipo de movimiento que no exigía intervención externa (Machamer, 1998).

Newton, consciente de esta herencia conceptual, dio un paso definitivo al formular su primera ley del movimiento, la ya mencionada Ley de la Inercia; no obstante, esta primera ley resulta insuficiente para explicar la diversidad de fenómenos que observamos en el universo, donde raramente encontramos cuerpos que se desplacen uniformemente en línea recta. Es aquí donde la introducción de una Segunda Ley del movimiento se vuelve de interés para Newton, para

establecer una relación precisa entre las fuerzas aplicadas y los cambios en el estado de movimiento de los cuerpos. La Segunda Ley, del movimiento de Newton, indica que:

El cambio en el [estado de] movimiento [de un cuerpo] es proporcional a la fuerza motriz impresa y se realiza a lo largo de la línea recta en que la fuerza se imprime (Newton, citado por Maudlin, 2014, p. 36).

Lo anterior introduce una visión del universo donde la dinámica de los cuerpos ya no puede explicarse sólo por tendencias naturales (Aristóteles) o por la ausencia de fricción (Galileo), es decir, que cada alteración en la trayectoria de un cuerpo exige una causa concreta: una fuerza. Esta concepción hace que el espacio en el que se describen dichos cambios de movimiento deba ser algo más que un simple escenario de relaciones entre cuerpos, en cambio, sí necesita ser un escenario estable e inmutable sobre el cual los movimientos pueden tener un significado objetivo, de otro modo, todas las fuerzas serían relativas y todos los movimientos serían ilusorios.

De esta manera, la segunda ley de Newton nos ayuda a comprender lo que ocurre en un movimiento circular, ya que para mantener dicho movimiento es indispensable aplicar una fuerza que continuamente apunte hacia el centro del círculo, conocida como fuerza centrípeta, sino existiera esta fuerza, según la Primera Ley, los cuerpos seguirían en línea recta y no en curva. Newton demuestra que no basta con suponer que los cuerpos celestes naturalmente o por acto de “divinidad” se mantienen en órbita, como pensaba Aristóteles, por ejemplo, respecto a la Luna, debe haber una fuerza que modifique continuamente su trayectoria impidiendo que la Luna continúe en línea recta, implicando la existencia de una fuerza que se dirige hacia el centro de la Tierra (Taylor, 2005). —hoy día, conocemos esta interacción como gravedad—

Esta necesidad de una fuerza externa para sostener un movimiento curvo refuerza la idea un espacio absoluto, pues, aunque el movimiento absoluto de los cuerpos no se vea directamente, si podemos observar los efectos de las fuerzas que actúan sobre ellos, y según la Segunda Ley, donde hay una fuerza, hay necesariamente un cambio en el movimiento absoluto. Sin embargo, el que estas leyes funcionen, no implica necesariamente que el fundamento ontológico del espacio absoluto no sea discutible, por ejemplo, Ernst Mach, desde un punto de vista fenomenológico positivista, se cuestiona la posibilidad de concebir un espacio desvinculado de los cuerpos y de nuestras percepciones sensibles. Esta idea la ampliaremos más adelante, ya que, a pesar de ello, es necesario reconocer que la propuesta de Newton responde a una necesidad muy precisa de su época: establecer una física capaz de describir con gran precisión el movimiento de los cuerpos celestes y terrestres.

La formulación del espacio absoluto de Newton constituye uno de los momentos más radicales en la historia del pensamiento sobre el espacio, no solo por su carácter teórico, indispensable para la física newtoniana, sino, además, por el carácter ontológico que le confiere, ya que el espacio absoluto no depende de los cuerpos para existir, pero sí posee características fundamentales para describir los fenómenos de la naturaleza. Su existencia no se deduce de la experiencia, sino que se afirma como condición de posibilidad para que los fenómenos físicos puedan tener lugar, permitiendo distinguir entre movimientos reales y aparentes, otorgando al mismo tiempo, un sentido objetivo y relación directa con las leyes del movimiento.

No obstante, estas afirmaciones no están exentas de tensiones, la distinción entre espacio absoluto y relativo, si bien funcional para definir leyes y fundamentos físicos newtonianos, introducen una paradoja epistemológica: el espacio que fundamenta la realidad no puede ser percibido por los sentidos. Esta desconexión entre lo ontológico y lo empírico será objeto de críticas en desarrollos

posteriores, aun así, lo relevante aquí es que Newton consolida una visión del espacio como una estructura necesaria, no derivada de la experiencia, sino impuesta por la razón y el racionalismo con el fin de garantizar la coherencia interna del sistema físico.

La geometría del espacio absoluto

Newton decidió construir su física basándose en la geometría, porque entendía que el movimiento en el espacio era un fenómeno de naturaleza geométrico, a diferencia de la aritmética que opera sobre números para realizar cálculos específicos, el mundo físico real está compuesto de dimensiones que presentan una estructura espacial, tangible y mensurable. De este modo, la geometría de Euclides se conecta de manera directa con la realidad de Newton, proponiendo que el espacio absoluto poseía una estructura geométrica tridimensional euclidiana, “E3”, ayudándose, además, de los axiomas geométricos clásicos para definir principios físicos fundamentales, como las dos leyes del movimiento anteriormente mencionadas.

Para Newton la estructura del espacio es representada por “E3”, y esta es fundamental para describir el movimiento de los cuerpos. Esta concepción del espacio, que cuenta con principios geométricos claros, además de similitudes relacionadas con la noción del absoluto, como, por ejemplo, marcos fijos e inmutables, independencia de los cuerpos y mediciones en sistemas “universales”, permitió desarrollar una física donde las posiciones y trayectorias de los cuerpos podían entenderse directamente a partir de relaciones espaciales. De esta manera, lo que Newton concebía como un espacio geométrico euclidiano, hoy se representa como “ R^3 ” es decir un conjunto que organiza todas las tripletas ordenadas de números (x, y, z) . Esta forma geométrica no

solo facilita los cálculos, sino que ha expandido enormemente el poder de la física matemática para modelar fenómenos naturales (Maudlin, 2014).

Esta coincidencia no es accidental, sino que responde a una afinidad ontológica entre ambas construcciones: tanto el espacio newtoniano como la geometría euclidiana, son estructuras sustanciales, no relacionales, que permite definir posiciones y movimientos de manera objetiva, convirtiéndose, juntas, en un marco natural para formular las leyes del movimiento; ya que, como señala Eduardo Datri (1992), la geometría euclidiana proporciona el soporte formal para la representación del espacio absoluto, al permitir definir trayectorias, distancias, y direcciones sin ambigüedad, y se vuelve esencial para que las magnitudes físicas tengan sentido dentro de este sistema dinámico.

Esta estructura geométrica garantiza que el espacio pueda ser tratado como un contendor, en el que los cuerpos se mueven sin que su presencia altere la estructura del espacio mismo, la geometría del espacio se convierte en una condición de posibilidad para la dinámica newtoniana. En este sentido, la geometría deja de ser una herramienta puramente matemática para convertirse en una ontología física: el espacio es algo que existe, que posee propiedades y que puede ser conocido mediante la razón y la medición.

No obstante, esta visión implica una rigidez ontológica que será objeto de cuestionamiento por concepciones o enfoques posteriores, como las posturas de Leibniz y Mach, la idea de un espacio que existe por sí mismo, con independencia de los cuerpos, será metafísicamente considerada como problemática. Aun así, en el contexto de la física clásica, esta relación ofreció una base sólida y coherente para la explicación de fenómenos mecánicos y astronómicos, que aparte de precisa, ahora era más predictiva.

Leibniz, en contra del Absolutismo

La historia de la ciencia ha estado marcada por disputas conceptuales profundas, una de ellas, y particularmente significativa, involucra la naturaleza del espacio. La discusión entre Leibniz y Clarke –portavoz del pensamiento newtoniano– representa uno de los momentos más relevantes de este debate, al confrontar dos visiones metafísicas radicalmente distintas: el sustancialismo del espacio absoluto newtoniano frente al racionalismo relacional de Leibniz.

Así, para Leibniz, el espacio no puede ser considerado una entidad sustancial o absoluta. Tal como señala Cárdenas y Botero (2009), Leibniz sostiene que hablar del espacio como un recipiente absoluto carece de fundamento ontológico; más bien, el espacio debe concebirse como un “orden de coexistencias”, es decir, como una relación entre los cuerpos que existen al mismo tiempo. Esta idea se propone dentro de una lógica racionalista, en la cual el espacio es una construcción derivada de las relaciones entre las cosas, y no una entidad autónoma preexistente.

Desde esta posición relacional, Leibniz articula dos críticas fundamentales al espacio absoluto. La primera es el *Principio de Razón Suficiente*, de origen teológico, según el cual “Dios” no crea sin motivo, por tanto, si el espacio fuera absolutamente uniforme, no habría razón alguna para que el universo estuviera ubicado en un lugar específico del espacio, y no en otro, lo que llevaría a una arbitrariedad inaceptable en la estructura del mundo. En otras palabras, si el espacio absoluto realmente existiera, entonces podrían darse situaciones cualitativamente idénticas con configuraciones distintas del universo, que, sin embargo, serían indiscernibles (sin posibilidad de ser distinguidos) desde el punto de vista observable. Esto último, da paso a la segunda crítica: el *Principio de Identidad de los Indiscernibles*, que se opone a la existencia de entidades cualitativamente idénticas, pero numéricamente distintas; si el espacio absoluto permite situaciones indiscernibles –como trasladar todo el universo sin alterar ninguna relación interna–,

estaríamos aceptando entidades cuya distinción no puede fundamentarse en ninguna propiedad observable. Esto, según Leibniz, resulta metafísicamente insostenible.

Incluso un espacio newtoniano completamente vacío quebranta el Principio de Identidad de los Indiscernibles. Esto se debe a que los puntos espaciales, siendo cualitativamente idénticos, serían indiscernibles, lo que implicaría que no podría haber más de uno, en cambio, la geometría newtoniana (establecida en “E3”) postula una multiplicidad infinita de tales puntos. Por tanto, el error metafísico fundamental del modelo newtoniano reside en concebir como reales entidades espaciales que no pueden diferenciarse ni conceptual ni experimentalmente (Earman, 1989).

Sin embargo, la crítica de Leibniz enfrenta una dificultad importante cuando se trata de explicar ciertos fenómenos físicos, en especial aquellos relacionados con la inercia. En particular, la objeción que Clark presenta a Leibniz, y que Newton formaliza acudiendo a experimentos mentales –como el del balde con agua–, pone de manifiesto que ciertos efectos físicos no pueden explicarse sólo en términos de relaciones entre cuerpos, lo que sugiere que hay propiedades del movimiento, como la inercia y la aceleración rotacional, que no pueden reducirse al movimiento relativo. En este punto, la crítica de Leibniz se muestra insuficiente.

A pesar de esto, la intuición de Leibniz mantiene una vigencia importante cuando se considera el problema del conocimiento y la observación. Como señala Maudlin (2014), el problema de los indiscernibles no es solo metafísico, sino también epistemológico: si no hay manera de observar diferencias entre dos configuraciones espaciales distintas, entonces tal diferencia carece de significado físico. Lo anterior, además, toca un punto de debate sobre la observación en la teoría científica: ya que, solo la observación tiene sentido empírico y, por tanto, ontológico (dentro del marco de una filosofía empirista de la ciencia).

La discusión se articula, entonces, en torno a dos perspectivas del espacio: su existencia ontológica y su accesibilidad epistémica. Los newtonianos defienden que el espacio absoluto es un escenario necesario para explicar ciertos fenómenos físicos, aunque aceptan que no es directamente observable. Leibniz, por el contrario, considera que aquello que no puede observarse ni distinguirse cualitativamente carece de existencia efectiva. En definitiva, la objeción de Leibniz al espacio absoluto, pese a no haber sido completamente satisfactoria en su momento, constituye una pieza clave en la reflexión sobre la naturaleza del espacio. A pesar de ello, será Mach quien retome estas preocupaciones y las lleve a una nueva formulación tal que, influenciará incluso en teorías modernas.

La anterior reflexión conduce a pensar, que el verdadero valor de la propuesta de Leibniz no radica tanto en su capacidad explicativa dentro del paradigma físico de su época, sino más bien en su potencial filosófico: en su invitación a no aceptar entidades que exceden los límites de la observación sin una justificación suficiente, invita a manifestar una postura crítica frente al riesgo de hipotetizar construcciones teóricas que escapan por completo a la experiencia. El contraste entre estas posturas frente a la concepción del espacio deja ver que toda construcción del saber está atravesada por una fuerte disputa entre lo que creemos, lo que podemos demostrar y lo que realmente observamos, en esa tensión, el espacio deja de ser un simple fondo sobre el cual se inscriben los cuerpos, para convertirse en un problema filosófico que nos exige pensar más allá de lo visible.

Contra la Sustancialidad del Absoluto, el Principio de Mach

Uno de los aportes más relevantes en el debate sobre el espacio en la física es propuesto por el físico y filósofo austriaco, Ernst Mach, alrededor de la segunda mitad del siglo XIX,

particularmente en su obra, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt* (La mecánica: explicación histórica y crítica de su desarrollo), publicada por primera vez en 1883. Aquí, uno de los cuestionamientos de Mach está enfocado en las entidades abstractas que, si bien no poseen una existencia física directa, han sido fundamentales para la comprensión de muchos fenómenos del mundo real; desde su postura crítica, Mach, sostiene que las entidades abstractas sólo tienen valor dentro de una teoría si están respaldadas por una conexión clara con la experiencia. Esta posición no niega el valor de los modelos teóricos, pero sí exige que estos se mantengan vinculados a los fenómenos observables y medibles, evitando una metafísica implícita.

En este marco, Mach propone una revisión acerca del papel que cumple el espacio absoluto dentro del marco de la física newtoniana. La pretensión es resaltar el carácter abstracto y las suposiciones que se encuentran implícitas en los experimentos formulados por Newton; el espacio newtoniano posee un carácter ideal, pues su existencia sólo puede inferirse a partir de ciertos indicios no accesibles a los sentidos. Incluso Mach, afirma que el pensamiento de Newton conserva un trasfondo medieval, ya que para sus explicaciones recurre a la afirmación de algo que únicamente puede imaginarse (Cárdenas y Botero, 2009).

Aunque Newton parte de hechos reales y realiza un análisis científico riguroso, incurre en una concepción metafísica al sostener la existencia de un espacio absoluto. Para Mach, esta noción sería una construcción mental, carente de verificación empírica –tal como ya lo había señalado Leibniz–. En consecuencia, Mach considera que la Ley de la Inercia no requiere del espacio absoluto para ser explicada, por el contrario, dicha ley debe comprenderse en términos relacionales, es decir, como resultado de las interacciones entre un cuerpo y otros cuerpos con los que mantiene múltiples relaciones físicas (Cárdenas y Botero, 2009).

En el análisis de los experimentos que Newton propone para ilustrar conceptos como la inercia o la fuerza centrípeta, como, por ejemplo, el del balde con agua, Mach sostiene que este no prueba la existencia de un espacio absoluto, sino lo que realmente muestra es que, la rotación relativa del agua respecto a las paredes del recipiente no generan fuerzas perceptibles, pero que sí aparecen cuando dicha rotación se considera en relación con la masa de la Tierra y otros cuerpos celestes, es decir, si el balde estuviera quieto y las estrellas fijas rotaran alrededor de él, se observarían los mismos efectos. Por tanto, la referencia empírica no está en el espacio absoluto, sino en la configuración de los cuerpos materiales que componen el universo; las experiencias de Newton sólo permiten inferir que los movimientos relativos son los verdaderamente observables y, en consecuencia, solo ellos deben figurar en la formulación de las leyes físicas (Chacón, 2007).

La perspectiva define una concepción plenamente relativista del movimiento, ya que, mientras que para Newton la inercia y las fuerzas centrípetas requieren del espacio absoluto como marco de referencia, para Mach tales fenómenos pueden explicarse únicamente como efectos generados por la interacción entre cuerpos materiales. Así, la noción de movimiento “verdadero” de un cuerpo solo adquiere sentido en función de las relaciones que establece con otros cuerpos que actúan como sistemas de referencia, incluso si dichas referencias son inicialmente arbitrarias.

Esta interpretación introduce una transformación conceptual clave: ya no es necesario postular la existencia de un espacio sustancial y absoluto para referirse a la inercia o las fuerzas. En consecuencia, la inercia debe entenderse como una manifestación de las interacciones y relaciones entre distintos cuerpos; de esta manera, Mach rompe el vínculo causal que en la física newtoniana conecta la inercia con la supuesta sustancialidad del espacio. Posteriormente esta interpretación relacional será concebida como “El Principio de Mach” (Cárdenas y Botero, 2009).

Las implicaciones introducidas por Mach implican una reinterpretación profunda de la noción de espacio, desde el punto de vista ontológico, ya que desde este nuevo marco de referencia (el propuesto por Mach), el espacio se concibe como una red de relaciones entre los cuerpos, permitiendo deducir que lo que “existe” no es el espacio en sí mismo, como entidad absoluta, sino que este se manifiesta a partir de un entramado de relaciones dinámicas que dan lugar a las interacciones entre cuerpos, y por ende a los fenómenos de la naturaleza.

Por otro lado, las consideraciones dentro del plano epistemológico, permiten reconocer los límites que aparecen, respecto a la noción de espacio absoluto, cuando el conocimiento científico se sustenta en entidades que no tienen características distinguibles desde una experiencia sensible. Ya que a partir de las formulaciones de Mach, la validez del conocimiento depende tanto de su capacidad para describir las regularidades de la naturaleza, como de una vinculación entre la experiencia empírica y las definiciones teóricas. Sin embargo, Mach reconoce que la ciencia siempre se constituirá de experiencias incompletas, por lo que él mismo concibe que sus ideas no deben entenderse como verdades únicas, sino como un marco de interpretación que permite poner las hipótesis acerca del conocimiento en un punto de verificación (Chacón, 2007).

Estas interpretaciones introducidas por Mach tendrán repercusiones en el desarrollo de las transformaciones teóricas que marcarán la física moderna, pues con ayuda del Principio de Mach y su influencia en la explicación del estado de inercia, vinculado directamente al estado relacional de la masa, serán fundamentos teóricos bastante fuertes que influenciarán directamente en la pensamiento y las ideas de Albert Einstein para la formulación de sus teorías relativistas del espacio. Por lo tanto, la crítica de Mach al espacio absoluto trasciende el plano metafísico para convertirse en un punto de inflexión epistemológico desde el cual se reformulan las bases conceptuales de la física contemporánea.

En este recorrido, la concepción del espacio –y en particular la de espacio absoluto– termina oscilando entre una entidad metafísica sustancial, como la propuesta por Newton, y una construcción relacional, como la definida por Leibniz y Mach. Desde esta última perspectiva el espacio absoluto pierde su estatus como fondo fijo e inmutable, para ser comprendido como una abstracción útil, aunque problemática, en tanto no puede ser verificada ni observada directamente; consolidando, por otra parte, una noción de estructura espacial que ya no reposa sobre una sustancia autosuficiente, sino sobre una red dinámica de relaciones entre cuerpos materiales, donde el movimiento, la inercia y las fuerzas adquieren sentido sólo en ese contexto racional.

Esta transformación ontológica y epistemológica prepara el terreno para que, la Teoría de la Relatividad General, integre el espacio a una sola estructura llamada espacio-tiempo, con una estructura geométrica única, dependiente de la materia y la energía. Pero hasta ahora, el espacio sigue siendo, sobre todo, un interrogante abierto: entre lo que podemos pensar, lo que podemos observar y aquello que necesitamos suponer para explicar el mundo.

La influencia del Principio de Mach en la Teoría General de la Relatividad de Einstein

El cambio en la manera de entender el concepto de espacio a lo largo de la historia de la física ha estado íntimamente ligado a los cambios de paradigma que han definido nuestras formas de comprender la realidad. En este sentido, el espacio no ha sido solamente un telón de fondo sobre el cual ocurren los fenómenos, sino que ha pasado a ocupar un lugar central en la estructuración misma del conocimiento. Esta evolución se puede observar claramente cuando se examina la transición desde la concepción newtoniana hasta las formulaciones relativistas de Einstein, atravesadas por la crítica filosófica y física del principio de Mach, por lo que, lo que está en juego

no es sólo una reformulación matemática del espacio, sino una profunda conceptualización ontológica: el espacio deja de ser algo que “está” para convertirse en algo que “es” –con el tiempo, con la materia, con el campo–

Albert Einstein presentó su teoría de la relatividad general, en parte, con la intención de dar una formulación cuantitativa al principio de Mach. En su obra, *La esencia de la relatividad* (1922), reflexiona sobre las críticas que Mach dirigió a la mecánica de Newton y propone que una teoría inspirada en esas críticas debería considerar varios aspectos fundamentales: en un primer momento, que la inercia de un objeto debería incrementarse si hay una mayor concentración de masa en su entorno, segundo, que un objeto debería experimentar una fuerza cuando las masas cercanas se aceleran, y esta fuerza debe coincidir en dirección con dicha aceleración, tercero, que un cuerpo hueco en rotación debería generar dentro de él un campo de Coriolis, y finalmente, adopta que, un cuerpo en un universo sin otras masas, no tendría inercia, lo que implica que esta propiedad surge únicamente de la interacción con el resto del contenido material del universo (Chacón, 2007).

Einstein sostuvo hasta su muerte la creencia de que la primera de las ideas propuestas por Mach estaba incorporada en su teoría general; no obstante, también reconocía que su efecto sería tan minúsculo que resultaría imposible de verificar experimentalmente. Por otro lado, era plenamente consciente de que la cuarta implicación del principio de Mach no se cumplía dentro de su teoría, ya que él mismo había demostrado que, según las ecuaciones de campo de la relatividad general, una partícula de prueba en un espacio vacío sigue presentando propiedades inerciales (Chacón, 2007).

Cabe señalar, que en la física del siglo XIX aún se concebía el éter como una necesidad epistemológica para explicar el movimiento ondulatorio de las ondas electromagnéticas, pues la

ausencia de dicho medio parecía inconcebible porque iba en contra del conocimiento acumulado —que se relacionaba con el de las ondas mecánicas—. Entonces para Einstein, aún era complejo dar una idea formal acerca del vacío, ya que como ha señalado Cárdenas (2009), él no desechó del todo la noción de éter, sino que por el contrario la reconfiguró: afirmando que el espacio está asociado a un campo, si es así, entonces ya no es vacío absoluto, sino campo estructural, ya que no todos los campos son iguales y se pueden manifestar de distintas maneras. Aquí se consolida una nueva ontología del espacio, no como una sustancia en sí, ni como un mero recipiente, sino como una propiedad del campo, y, por tanto, un elemento dinámico y relacional. Es precisamente este cambio el que permite comprender la relación naciente entre el espacio-tiempo y campo: lo uno no existe sin lo otro. La afirmación de que “*no hay algo que se pueda concebir como espacio vacío*” (Einstein en Cárdenas, 2009), es contundente: el vacío absoluto es, en última instancia, una ilusión.

Por otro lado, la distinción entre la visión cartesiana y la relativista de Einstein, acerca del espacio, resulta valiosa para comprender esta transformación o cambio de paradigma, pues, mientras que para descartes todo lo que existe es extensión y, por lo tanto, espacio lleno de materia, en Einstein existe la posibilidad de distinguir entre materia y campo, pese a que ambos están inevitablemente ligados al espacio-tiempo. Así, las teorías de Einstein confirman la concepción cartesiana de manera indirecta, al reconocer que donde no hay materia, no hay campo, y por ende no hay vacío absoluto. Esta idea refuerza una concepción del espacio profundamente estructural, con una manifestación de relaciones físicas que tienen profundas implicaciones ontológicas como epistemológicas.

En términos de experiencia científica, los efectos predichos por el principio de Mach no siempre se confirmaron en el marco de la relatividad general, como bien lo detalla Chacón (2007). Sin

embargo, la importancia de este principio no radica tanto en su verificación empírica directa, sino en su potencial para generar un cambio de mirada sobre el espacio y otros cuantos aspectos científicos. De hecho, las reflexiones en torno a las situaciones que Einstein propuso (como el cascarón hueco y el campo de Coriolis) permiten evidenciar que, incluso si algunos efectos no se manifiestan experimentalmente, la relación entre inercia y masa circundante invita a una concepción relacional del espacio, que desborda los límites de la física clásica; así, las interpretaciones epistemológicas acerca del espacio se alientan tanto de la matemática como de la imaginación física y filosófica.

Por ello, la idea del espacio sostenida desde Newton no sólo ha sido cuestionada empíricamente, sino también desde sus fundamentos ontológicos. La imposibilidad de establecer sistemas privilegiados, la interdependencia entre espacio y tiempo, y entre espacio-tiempo y campo, han minado las bases del sustancialismo espacial. Lo que emerge en su lugar es una concepción en la que el espacio es relacional, dinámico y contextual. Esta es, sin duda, una transformación radical, tanto que, el espacio “es” un cómo, en función de cómo lo pensamos y conocemos.

A manera de reflexión

Comprender la esencia del espacio desde distintas perspectivas culturales y teóricas no sólo permite enriquecer nuestra mirada sobre el universo, sino también evidenciar las limitaciones en las concepciones intuitivas y cotidianas que solemos sostener sobre él. Aunque en el lenguaje coloquial el espacio aparece como algo obvio, tangible o vacío que simplemente “está”, su abordaje desde la física, en conjunto con sus posturas filosóficas, revela una noción mucho más escurridiza, compleja y profundamente abstracta.

La dificultad de concebir el espacio como una entidad propia, pero a la vez inseparable del tiempo, del campo, de la materia o de la energía, nos sitúa frente a un constructo racional de enorme sofisticación, elaborado para hacer inteligibles fenómenos que no siempre están al alcance de la sensibilidad humana directa. El espacio se posiciona en una categoría indispensable para explicar la realidad, aunque no pueda aprenderse ni delimitarse como si fuera un objeto más entre otros.

Esta multiplicidad de enfoques y marcos de comprensión nos obliga a pensar el espacio como una noción en constante cambio, cuya función teórica varía según los modelos que la sustentan. Por eso, al reconocer que tales nociones no son verdades únicas e irrefutables, sino respuestas provisionales a problemas específicos, permite asumir una postura más crítica y abierta frente al conocimiento. En este sentido, el espacio debe entenderse como una herramienta conceptual indispensable para abordar fenómenos complejos, pero sin perder de vista que sus formas de representación están ligadas a teorías acotadas, sujetas a revisión, ajuste e incluso reemplazo cuando la evidencia así lo exige.

Finalmente, el siguiente cuadro comparativo (Esquema 2.1) se presenta una síntesis de las principales posturas sobre el espacio discutidas en este capítulo, enfocándose en sus implicaciones físicas, ontológicas y epistemológicas. Su propósito es evidenciar las tensiones encontradas entre la concepción absoluta (sustancialista) y la relacional (racionalista) del espacio –al menos en un tramo significativo de su desarrollo histórico–, mostrando cómo cada perspectiva no sólo redefine el espacio como objeto de estudio (en términos físicos y ontológicos), sino también, cómo orienta los fundamentos teóricos mediante los cuales se construye el conocimiento de este (dimensión epistemológica).

Cuadro Comparativo de la Noción de Espacio					
	Postura Prefilosófica	Tensión histórica: transición del empirismo (experiencial) al sustancialismo (absoluto)	Postura Sustancialista (Absolutismo de Newton)	Tensión racional - relacional: definición del espacio a partir de “algo más”	Postura Relacional (Principio de Mach/relatividad)
Base del pensamiento	Experiencia sensorial local.		Espacio como entidad sustancial y absoluta, independiente de la materia y de la ausencia de esta (vacío)		Interdependencia del espacio con los cuerpos (la materia, la masa)
Implicaciones ontológicas	- Es concreto y tangible (lleno de significados: montaña, río). - No es abstracto; es local, inseparable del objeto.		- Es un “contenedor pasivo” o escenario fijo que existe por sí mismo. - Es absoluto e inmutable		- Es Relacional, dinámico y contextual - Su naturaleza está definida por relaciones físicas; el espacio “es” un cómo, definido por su función y conocimiento
Implicaciones epistemológicas	- Conocimiento determinado por la experiencia directa. - No hay abstracción, el concepto emerge de la vivencia y experiencia local.		- Es previo a la experiencia física, ya está determinado y se basa en principios matemáticos. - Es una condición necesaria para el entendimiento de los fenómenos naturales (como el movimiento).		- La geometría de este es una construcción teórica, dinámica e inferida por la distribución de masa presente. - Se nutre de la matemática y el racionalismo físico y/o filosófico.
Implicaciones físicas	Funciona como sistema de orientación (permite organizar fenómenos naturales como: el día, la noche)		Un sistema privilegiado de referencia para las implicaciones del movimiento. (lo que permite una Inercia independiente del entorno y la formalidad de la fuerza absoluta)		- Principio de Mach: la inercia ligada a la masa circundante (no hay inercia absoluta) - El espacio es una entidad interdependiente, al menos de la masa. - Su estudio encuentra unos alcances y límites en la física clásica; principalmente al incorporar la masa como parte de la geometría espacial.

Esquema 2.1: Cuadro comparativo de la noción de espacio, (prefilosófica, sustancialista y relacional).

Tomado de: elaboración propia

CAPÍTULO 3:

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE EL PENSAMIENTO CRÍTICO

En este capítulo se busca resaltar la importancia que tiene el pensamiento crítico en la formulación y construcción del conocimiento, destacando su relevancia para interpretar, cuestionar y comprender los saberes propios de cada disciplina; propiciando así un acercamiento más consciente, reflexivo y fundamentado frente a las ideas de conocimiento. En este sentido, se rescatan una serie de habilidades —retomadas a partir de planteamientos de autores específicos— que permiten dar cuenta de las formas en las que es posible no solo identificar, sino también fomentar este tipo de posturas críticas en las personas (o en los estudiantes), y que tienen como intención promover un acercamiento más reflexivo al conocimiento en general.

En consecuencia, se hace relevante destacar la contribución que puede generar la articulación del pensamiento crítico con los contextos propios de la enseñanza de las ciencias, ya que esta relación posibilita abrir el abordaje de situaciones problema desde posturas que fortalecen el análisis riguroso de datos, la argumentación detallada de ideas y la explicación coherente de posturas, acciones que, en conjunto, permiten fomentar procesos de aprendizaje más fundamentados. Por lo tanto, en esta sección se busca dar a conocer la relevancia que tienen las habilidades enmarcadas en el pensamiento crítico para potenciar procesos, no solo relacionados con la construcción de conocimiento, sino además con los propios escenarios de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

El Pensamiento Crítico y su relación con el Conocimiento

El pensamiento crítico (PC) se ha convertido en una capacidad fundamental a desarrollar no solo en los estudiantes, sino en las personas en general, esto debido a una sobreabundancia de información y a la constante exposición a contenidos de diversa calidad y veracidad. En este entorno, la capacidad de distinguir entre lo verdadero y lo falso, lo relevante y lo superficial, no solo influye directamente en el desarrollo de habilidades académicas, sino que también incide profundamente en la manera en que las personas enfrentan la toma de decisiones en su vida cotidiana.

Pero el PC no es una ejercicio actual, sino una tradición que es herencia, al menos desde los primeros registros de la filosofía griega, ya que personajes como Sócrates por medio de su método de la mayéutica, sentó una base inicial que permitió fundar una manera de interrogar los conocimientos de las personas para examinar sus propias creencias. Por otro lado, Platón proponía un estado de “trascendencia espiritual” el cual permitía acceder al mundo de las ideas, para así poder ir más allá de lo superficial y material; y también es válido mencionar a Aristóteles, quien proponía poner todo conocimiento a una prueba de carácter empírico, que permitiera construir un proceder coherente detrás del comportamiento evidenciable de los fenómenos.

Estas maneras de abordar y hacer frente al conocimiento se han plasmado en métodos de proceder más riguroso que sostienen pasos sistemáticos para validar las ideas científicas —como los propuestos por el filósofo René Descartes, en su Método científico—. Es por ello por lo que, el PC puede ser entendido hoy en día como una forma de abordar el conocimiento tal que permite analizar, evaluar y poner en un marco interpretativo los referentes conceptuales que fundamentan las teorías, desempeñando así un papel relevante en la consolidación de ideas.

Aquí, es importante referenciar a el Dr. en filosofía, Peter Facione (2007), quien tiene una interpretación más actual y contextualizada acerca del PC; este lo distingue como un conjunto de habilidades que va más allá del análisis y aplicación de los datos, convirtiéndose más bien, en un recurso para abordar el conocimiento desde una postura racional que permita involucrar los saberes con el contexto reflexivo propio del sujeto (Facione, 2007).

Es claro que en esta sección no se desea dar una definición rigurosa y lineal de lo que se quiere dar a entender al acuñar el término PC, sino que, por el contrario, lo que se desea es dar cuenta de cómo este enfoque (crítico) puede estar relacionado con la producción y revisión de las ideas de conocimiento, a partir, de distintas habilidades cognitivas.

De esta manera, el equipo de investigación del Dr. Facione, concuerda con que al momento de realizar tareas que requieren de argumentación clara, o de interpretar significados para resolver problemas, o de tomar decisiones para actuar de manera informada; se están adoptando disposiciones que, según los expertos, pueden clasificarse como disposiciones intelectuales, las cuales vienen acompañadas de una serie de habilidades cognitivas, que se consideran son esenciales para fomentar el PC en una persona (Facione 2007). A continuación se presenta un esquema (Esquema 3.1), en el cual se muestran las habilidades cognitivas mencionadas por el grupo de investigación, y que representan unos rasgos esenciales para fomentar el PC.



Esquema 3.1. Habilidades de pensamiento crítico según el Dr. Peter Facione (2007)
Elaboración propia

Es importante reconocer que, como menciona Brookfield (2011), generar una disposición de estas (o algunas) habilidades de PC, frente a la manera cómo se aborda una situación o tema específico, no garantiza de por sí, que el conocimiento aplicado o los resultados obtenidos de la misma aplicación, sean analizados de manera completamente efectiva. Ya que esto depende mucho también de: el contexto que permea al individuo, de sus limitaciones cognitivas y de los márgenes de error propios de un proceso de intervención y medición (Brookfield, 2011).

De este modo, el PC implica también cuestionar los supuestos que estructuran nuestra manera de organizar y comprender —en este caso las habilidades propuesta por Facione— dado que, en muchos casos, estas operan dentro de un marco implícito, o están influenciadas por factores externos que hacen inevitable que el ser humano este condicionado por representaciones presentes en el contexto (Brookfield, 2011). Por esta razón, se reconoce que el PC no implica una estrategia totalmente efectiva en cuanto al análisis y reflexión del conocimiento. Sin embargo, si se asume que, a partir de las habilidades propuestas, se pueden generar juicios de valor más razonados y menos arbitrarios.

Además, las disposiciones señaladas por Facione deben entenderse como una guía y no como una fórmula infalible. La apertura mental, la disposición a buscar razones y la autorregulación del propio pensamiento, si bien fortalecen el proceso cognitivo, siguen dependiendo de la interpretación personal y de la calidad de la información disponible. En ese sentido, el PC no garantiza resultados definitivos, pero sí actúa como una orientación hacia conclusiones más confiables y fundamentadas en cuanto al abordaje del conocimiento.

Por lo tanto, el valor del PC radica en que, aunque no se asegura la construcción de un conocimiento absolutamente efectivo, si proporciona los recursos necesarios para acercarse a él con mayor rigor; operando como un correctivo permanente que disminuye la probabilidad de caer en prejuicios o interpretaciones sesgadas, haciéndolo muy útil no solo en la vida académica y científica, sino también en la cotidiana.

Ahora bien, surge la pregunta, ¿cómo desarrollar la disposición hacia el pensamiento crítico o adquirir las habilidades previamente descritas? Los expertos coinciden en que quienes cultivan estas capacidades suelen caracterizarse por poseer lo que se denomina un “espíritu crítico”, una expresión metafórica que engloba cualidades como la curiosidad por explorar, la agudeza mental, el compromiso apasionado con la razón y el deseo constante de acceder a información confiable. Facione (2007), señala además que, las habilidades iniciales se ven acompañadas de disposiciones aptitudinales que caracterizan a la persona por ser: sistémica, juiciosa, analítica, de mente abierta, buscadora de la verdad confiando en el poder del razonamiento. (Facione, 2007)

En este sentido, Diane Halpern (2014) afirma que las habilidades de PC se manifiestan en la capacidad de transferir el conocimiento al abordaje de situaciones problema reales. Entonces, desde esta perspectiva, las habilidades surgen como una necesidad para dar solución a los problemas y de la puesta en práctica de los conocimientos teóricos. Por lo tanto el desarrollo de

habilidades de PC contempla, no sólo al conocimiento como tal y su manera de abordarlo, sino de la necesidad de un contexto de acción que motive las acciones de analizar, evaluar, entre otras.

Con intención de concluir, si consideramos las habilidades de PC en el ámbito académico, estas pueden ir más allá de la revisión y el análisis respecto a la manera en la que es posible abordar el conocimiento; y pasar a ser comprendida como una dimensión que logra dar cuenta de los procesos de formación en cuanto a la consolidación de ideas y contenidos disciplinares, esto a partir de acciones que reflejan la capacidad para evaluar y argumentar, o de sistematizar información para luego presentarla de manera coherente y fundamentada.

Por esta razón, en los párrafos que continúan en este capítulo, se presentarán algunos referentes que se han propuesto articular las habilidades de PC, en el contexto de la enseñanza, y más específicamente, en el campo de la ciencias. Permitiendo dar cuenta que esta dimensión o enfoque, termina por constituir un campo de acción que favorece, con su articulación, los procesos de aprendizaje en los estudiantes.

El Pensamiento Crítico y la Enseñanza de la Física

El conocimiento científico ha estado marcado por grandes cambios de paradigma a lo largo de su historia, muchas de estas rupturas han incidido radicalmente la formulación de ciertas nociones, dando lugar a reinterpretaciones totales que obligan a reformular teorías que, en su momento, se creía eran bases irrefutables del conocimiento. Estos cambios en la manera de interpretar relaciones y definiciones dentro de la ciencia, se han dado a partir de enunciados matemáticos de orden más riguroso, que se han logrado rastrear —en gran medida— gracias a los avances computacionales y de programación que se han presentado en este último siglo.

Estos cambios en la manera de interpretar determinadas nociones dentro de la ciencia, permiten dar cuenta que, en varias ocasiones, las definiciones iniciales, de determinadas nociones o conceptos, han sufrido cambios drásticos o rupturas totales que obligaron a replantear nuevos referentes ontológicos y epistemológicos para lograr dar cuenta de las nuevas relaciones de conocimiento. Esta es una razón relevante, para considerar que, la enseñanza de las ciencias no se puede limitar a la simple transmisión de contenidos o definiciones; por el contrario, debe incentivar a que el aprendizaje se conciba como un proceso de construcción y reconstrucción de ideas, en el cual las habilidades de PC jueguen un papel clave para el análisis e interpretación del conocimiento.

Desde esta mirada, y como señala Tamayo (2014, citado por Ortiz, 2024), la educación es un proceso que debe aportar de manera activa a la formación del PC, ya que este conjunto de habilidades, entendido como un recurso en la articulación de los procesos de aprendizaje, promueve el abordaje reflexivo de los contenidos disciplinares. Por ende, este enfoque, articulado con la práctica de la enseñanza de las ciencias, permite dar cuenta de que el conocimiento científico es un campo de definiciones, las cuales están sujetas a debate y revisión, permitiendo que cada vez el abordaje de estas disciplinas se aleje más de una asimilación pasiva y repetitiva de las ideas científicas.

Por lo tanto, las habilidades propuestas en el apartado anterior, resultan fundamentales para abordar los contenidos disciplinares propios de la enseñanza de las ciencias. Ya que, primero, esto favorece a que los estudiantes construyan razonamientos claros y fundamentados frente a las interpretaciones de la ciencia; y, segundo, permite también identificar aspectos académicos y formativos que logran reflejar los procesos de aprendizaje en los estudiantes. Por esta razón, para Ortiz (2024), el PC no debe entenderse como el proceder de habilidades aisladas, sino como una

red articulada, que en conjunto, posibilita un aprendizaje más amplio en términos de interpretación y cuestionamiento.

Por su parte, Tamayo (2014, citado por Ortiz, 2024) considera que, para que la introducción del PC en el ámbito académico sea un proceso efectivo, es relevante también contar con un sistema educativo que promueva su desarrollo. Esto quiere decir, que la organización estructural del sistema educativo debe priorizar estrategias que estén orientadas a desarrollar dichas habilidades desde los niveles iniciales de formación. Esto permitiría que los estudiantes no sólo adquieran conocimientos, sino actúen como sujetos reflexivos frente al abordaje de estos, convirtiendo los procesos de formación en escenarios de constante análisis y reinterpretación, que en consecuencia, potencian una postura crítica frente a este tipo de conocimientos.

En consecuencia, y puntualmente en el contexto de la enseñanza de física (la cual es una disciplina que está fundamentada en la interpretación de fenómenos y la formulación de teorías que permiten la resolución de situaciones problema en contextos de la naturaleza), el PC adquiere un papel relevante, ya que, al establecer—dentro de las dinámicas metodológicas— una situación problema que abra paso al debate de las definiciones teóricas que sustentan o explican determinados fenómenos naturales que guarden relación con las mismas, se abre paso para: por un lado, analizar e interpretar las intuiciones lógicas, tanto matemáticas como experienciales, que permitieron dar origen a dichas formulaciones; y por otro, permite poner en discusión diversas interpretaciones en el abordaje de un mismo fenómeno, enriqueciendo así el contraste entre teorías, y fortaleciendo la capacidad de reflexión y cuestionamiento frente a estos aprendizajes.

Dentro de esta consideración, también es válido reconocer que los estándares básicos de competencias en ciencias, del sistema educativo colombiano, reconocen la importancia de formar el pensamiento crítico y científico desde la enseñanza de la ciencia (MEN, 2006). Entendiendo

que, esta orientación no se limita únicamente a la transmisión de conceptos, sino que busca que el estudiante adquiera herramientas que le permitan desenvolverse con autonomía frente a su proceso de aprendizaje.

En este sentido, la formación del PC en el aula no debe entenderse como un aspecto complementario, sino como un eje importante en el proceso educativo. Vieira y Tamayo (2016, citado por Ortiz, 2024) sostienen que tanto el pensamiento científico como el PC representan pilares fundamentales en la educación en ciencias, en tanto contribuyen a la construcción de estudiantes responsables, conscientes y reflexivos. En este sentido Ennis (2005), considera que en el aula de ciencias el PC, aparte de reflexivo y fuente de razonamiento, se orienta también a tomar decisiones respecto a: en qué creer o qué hacer; lo cual ya no solo guía la manera de pensar, sino también, de actuar, del estudiante.

El panorama anterior refleja la importancia que tiene desarrollar las habilidades de PC en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, en general. Ya que la misma, entendida como un campo susceptible a los cambios de paradigma, exige en correspondencia, estudiantes que puedan abordarla de manera tal que, les permita generar cuestionamientos, comparaciones y reinterpretaciones, que en conjunto, los profile en la producción de nuevas definiciones para dar explicaciones a las nuevas consideraciones que se manifiestan consecuencia de los avances tecnológicos que permean la era moderna.

El Pensamiento Crítico en la Enseñanza del Espacio Físico

En consideración de los cambios de paradigma que se han venido referenciando en este capítulo. Es importante dar cuenta que, el espacio —un elemento que es eje fundamental de este trabajo—,

no escapa a las redefiniciones o cambios en la manera que ha de ser interpretado, (como se concluyó al final del capítulo 2). Esto lo que deja ver es que, esta noción, alejada de ser un concepto con una definición terminada y definitiva; es más bien, un campo de conocimiento que está en constante reorganización y reinterpretación, esto en función de los marcos de referencia que guían su aplicación.

Por lo tanto, enseñar el espacio como un resultado final, empobrece su potencial formativo, pues lo reduce a una mera formulación y memorización estática. En cambio, presentarlo como un proceso crítico y constructivo abre la posibilidad de que los estudiantes comprendan cómo inicia, evoluciona y se transforma el mismo (espacio) dentro del conocimiento científico. Es una perspectiva que implica pasar de una enseñanza que transmite respuestas, a una que cultiva preguntas.

Si el objetivo de enseñar ciencias es formar comprensiones sólidas, críticas y autónomas, el PC debe estar presente desde los primeros años de escolaridad, cuando se consolidan los hábitos de duda. En palabras de Laiton:

El pensamiento crítico debe enseñarse desde el comienzo de la vida académica, pues a lo largo de este proceso educativo el estudiante va adquiriendo habilidades y se desarrolla cognitivamente; además, adquiere la capacidad de aprender a aprender, indagar, cuestionar y argumentar (Laiton, 2011, citado por Ortiz, 2024, p. 5).

Esta afirmación, es una invitación a repensar la clase de ciencias como un escenario académico donde el conocimiento no se impone, sino que se construye a partir de problemáticas que obligan al estudiante a preguntarse qué es lo que necesita saber y entender, en este caso, acerca de la noción de espacio, para poder relacionarse de manera efectiva con los fenómenos de la naturaleza.

Desde esta postura, los hitos históricos en la conceptualización del espacio funcionan como casos de estudio para ejercitar la postura crítica de los estudiantes. Poner en debate, ideas de la antigüedad, como aquellas en donde el espacio se concebía como inseparable de lo tangible y vinculado directamente a la experiencia sensible, o el posterior giro contemporáneo, que introdujo nociones como el vacío o las relaciones posicionales de los cuerpos, no es algo que simplemente involucra un cambio de vocabulario; sino también, implica un salto conceptual que surgió de una postura crítica para advertir contradicciones entre lo observado y lo pensado, y asumir con riesgo la reformulación de teorías. Hacer que los estudiantes se vean involucrados en estas dinámicas dentro del aula, permite que comparen dos descripciones de una misma situación: una materialista y otra racionalista, donde el objetivo no es elegir la “correcta”, sino argumentar cuál explica mejor un determinado fenómeno e identificar en qué aspectos cada concepción se queda corta argumentativamente.

Este tipo de postura frente a la enseñanza del espacio se alinea con la tesis de Moreira, quien sostiene que:

Los contenidos físicos no deben ser enseñados como verdades inmutables, sino como construcciones, creaciones del hombre. Por ello, las habilidades que se desarrollan a través del PC permiten comprender el desarrollo científico y su importancia en contextos socioculturales, económicos e incluso políticos (Moreira, 2014, citado por Ortiz, 2024. p. 5).

Así, enseñar el espacio como una construcción humana, que está abierta a ser cuestionada, convierte el aula en lugar donde la validez se gana con razones y no con autoridad; considerando que este enfoque no solo enriquece el aprendizaje, sino que posiciona al estudiante como un sujeto pensante, capaz de participar activamente en la construcción de su saber.

La discusión ontológica entre un espacio absoluto e independiente y uno estrictamente relacional y racional no debería presentarse como una mera información para memorizar, sino como un andamiaje para deliberar y reflexionar en cuanto a la construcción de conocimiento científico. En el aula, esto puede transformarse en un juicio de teorías, en donde el valor no está en qué modelo “gane”, sino en experimentar cómo se procede y decide en la ciencia cuando dos marcos explican parcialmente los mismos fenómenos. En esta práctica se materializa la orientación sobre un carácter construido y revisable del conocimiento que fortalece en los estudiantes la capacidad de lidiar con desacuerdos de manera razonable.

Este enfoque, además, comparte, en parte, la postura de Patty, quien afirma que:

La teoría de la relatividad, la mecánica cuántica y los estudios de la mecánica clásica realizados por Newton, entre otras teorías, son fundamentales para la ciencia y la física, así como para el desarrollo sociocultural, pero es primordial que la enseñanza de esta no comience con la formalización matemática que les concierne y rodea (Patty, 2006, citado por Ortiz, 2024, p. 6).

En otras palabras, problematizar antes de formular. Asimismo, como advierte Ortiz (2024), antes de convertir dichas informaciones en definiciones formales de conceptos, es preciso que los estudiantes desarrollen procesos críticos frente a las ciencias que aprenden y por qué las aprenden.

En conclusión, enseñar el espacio físico con una mirada crítica permite que los estudiantes se reconozcan como protagonistas del conocimiento, cuando se les invita a cuestionar, interpretar modelos y justificar sus ideas, no sólo aprenden física: aprende también a pensar. Esta actitud se manifiesta en el aula en cuanto a la forma de relacionarse con el conocimiento y la toma de decisiones con criterio. Además, el PC ayuda a cambiar la idea de que la ciencia la construyen

unos pocos en el laboratorio, y, por el contrario, muestra que los conceptos científicos están sujetos a revisiones y debate, en donde los estudiantes de ciencias, sin importar sus habilidades, pueden participar en el proceso de construcción del saber, ayudando a entender el conocimiento como algo creativo y de profunda reflexión.

CAPÍTULO 4:

FUNDAMENTOS Y DISEÑO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

El presente capítulo pretende describir los elementos tanto disciplinares como del pensamiento crítico que son considerados ejes articuladores de la propuesta de unidad didáctica. En este sentido, es importante anticipar que dichos elementos guardan relación con las tres posturas establecidas al final del segundo capítulo, y que corresponden a las perspectivas teóricas relacionadas con las nociones del espacio: prefilosófica, sustancialista y relacional. Con este contexto establecido, se procede a evidenciar cómo estas posturas se articulan en cada una de las actividades propuestas. Por esta razón, se construye un marco explicativo que pretende ejemplificar, para cada actividad, su estructura en relación con el objetivo, el contexto de implementación y las situaciones problema propuestas para tensionar los aspectos disciplinares previamente mencionados, finalizando con la presentación de las preguntas orientadoras que guían la tensión y debate de cada momento.

Posteriormente, se presenta una propuesta de actividad diagnóstica cuya intención es reflejar una estrategia dinámica, enmarcada dentro de un juego de mesa, mediante el cual se pretende que los estudiantes, a medida que interactúan y participan de la actividad, logren describir algunas de sus concepciones iniciales acerca del espacio —con la ayuda de algunas preguntas orientadoras—. Esto permite establecer una herramienta que se configura como relevante en el sentido de que permite identificar las ideas de anclaje de los estudiantes.

Luego de esto, se continúa con la caracterización de la población que fue intervenida, puntualizando aspectos relacionados con el contexto, el nivel académico y las edades de los estudiantes. Además, se expone por qué esta propuesta se enmarca en un ejercicio de implementación de orden piloto. Para finalmente cerrar con la presentación de los instrumentos y

herramientas de sistematización que posibilitarán el posterior *análisis de resultados* que se desarrollará en el capítulo siguiente.

Enfoque Disciplinar y Crítico

Lejos de asumir la noción de espacio como un contenido conceptual acabado y estable, para esta propuesta se adopta una perspectiva disciplinar en la que el espacio se configura como una noción en permanente reconceptualización. En coherencia con los desarrollos del referente teórico, se reconoce que las distintas conceptualizaciones del espacio no responden a una evolución lineal del conocimiento, sino a procesos de tensión ontológica y epistemológica que han reconfigurado, en distintos momentos históricos, la manera de comprender su estructura misma.

Desde esta perspectiva, el análisis histórico de la noción de espacio no se incorpora como un recorrido descriptivo, sino como un criterio estructurante para el diseño de la Unidad Didáctica. En particular, se identifican tres enfoques disciplinares puntuales: prefilosófico⁴, sustancialista y relacional, que no sólo representan momentos diferenciados en la interpretación del concepto de espacio, sino que se asumen como focos de tensión conceptual que orientan la organización de situaciones problema. De este modo, dichas tensiones se convierten en el eje a partir del cual se diseñan las actividades, con el propósito de que el estudiante no reciba definiciones concretas, sino que se enfrente a situaciones —en términos conceptuales— similares a las que dieron lugar a estas formulaciones.

⁴ En este trabajo, el término *postura prefilosófica* se emplea como una noción operativa para referirse a formas de comprensión del espacio ancladas en la experiencia sensible y en la interacción directa con el entorno, previas a su formalización como objeto de reflexión abstracta introducido en la tradición filosófica griega.

En este sentido, el primer enfoque, asociado a una comprensión prefilosófica del espacio, se fundamenta en la experiencia sensorial y en la relación directa con el entorno. Se toman como base dichas posturas ontológicas para el diseño de situaciones iniciales en las que el estudiante organiza y describe espacialmente determinados escenarios, a partir de referentes concretos. Este momento no se plantea como una explicación histórica, sino como una condición de entrada que permite evidenciar el carácter dependiente de los sistemas de referencia respecto a la representación del entorno. A través de este tipo de situaciones, se busca que el estudiante reconozca la limitación de una organización espacial basada exclusivamente en la experiencia inmediata.

El segundo enfoque corresponde a la concepción sustancialista del espacio desarrollada en la física clásica. Este introduce una tensión fundamental en torno a la necesidad de establecer criterios invariables para la descripción del movimiento. En este sentido, el diseño de una segunda actividad se orienta a confrontar al estudiante con situaciones en las que los sistemas de referencia presentan condiciones de variabilidad, lo que dificulta la determinación del estado de movimiento. Esta dificultad permite problematizar⁵ la descripción relativa del movimiento y abre la posibilidad de introducir la noción de un marco absoluto como recurso explicativo, en coherencia con la formulación newtoniana. De este modo, la idea de espacio absoluto no se presenta como una definición teórica, sino como una respuesta a una limitación identificada en la experiencia sensorial del estudiante.

Finalmente, el tercer enfoque, que es el de carácter relacional, está asociado a las críticas generadas al espacio absoluto, en relación con el principio de los indiscernibles de Leibniz y el desarrollo

⁵ La noción de problematización se entiende, en el marco de este trabajo, como un proceso mediante el cual una situación se transforma en objeto de análisis a partir de la identificación de tensiones, limitaciones o inconsistencias en las formas habituales de comprenderla. (Aun así, una definición más completa y ajustada al contexto académico, acerca de la problematización, se dará de la mano de un autor referente en las páginas siguientes)

consecuente del principio de Mach en contraste con las ideas absolutistas. Este análisis se incorpora como una instancia de problematización que permite el cuestionamiento a los limitantes del espacio absoluto como un fundamento obligatorio para la descripción del movimiento. En este caso, la actividad que se perfila a manera de cierre se orienta a promover el análisis comparativo entre distintas maneras de describir el movimiento, enfatizando en el papel que desempeñan los sistemas de referencia para llevar a cabo dicha tarea y en la imposibilidad de establecer un marco universalmente privilegiado, medible o comparable. A partir de esta tensión, se favorece una reflexión crítica hacia una reconstrucción conceptual del espacio como una entidad interdependiente de los cuerpos, en la que el movimiento adquiere sentido únicamente en función de relaciones físicas, mismas que, en consecuencia, terminan organizando una estructura espacial.

En conjunto, la organización de la unidad responde a una secuencia progresiva en la que cada actividad no sólo introduce una forma particular de comprender el espacio, sino que, principalmente, genera las condiciones para su cuestionamiento. De esta manera, las tensiones identificadas en el desarrollo histórico de la noción de espacio se traducen en decisiones didácticas concretas que permiten estructurar experiencias de aprendizaje orientadas a la problematización, el contraste y la reconstrucción conceptual.

Así, el enfoque disciplinar adoptado no se limita a definir qué se enseña sobre el espacio, sino que determina cómo se organiza su enseñanza, en la medida en que las tensiones ontológicas y epistemológicas asociadas a esta noción se convierten en el fundamento para el diseño de la unidad. En este sentido, reconocer dichas tensiones no sólo aporta a la comprensión del espacio, sino que permite orientar la construcción de una propuesta didáctica que favorece un acercamiento reflexivo y crítico a la comprensión de esta noción; esto en coherencia con la pregunta orientadora —enfocada en el docente— que guía el presente trabajo.

Ahora, con este panorama disciplinar establecido, la intención de articular las habilidades de Pensamiento Crítico (PC) con una propuesta de enseñanza que involucre la formalización de la noción de espacio consiste en lograr que el estudiante realice un abordaje de esta (noción), a partir de situaciones problematizadoras que lo orienten en el análisis e interpretación de dicha conceptualización.

De este modo, en el ámbito académico, la problematización dentro de los procesos de enseñanza, para Michel Fabre (1999), supone la organización de situaciones en las que la construcción de explicaciones emerge de las comparaciones entre interpretaciones que obligan a ver el conocimiento como un proceso constructivo y organizativo, y no como un cuerpo de saberes que se presenta como simple transmisión de información. Por lo tanto, problematizar implica desplazar al estudiante de una relación pasiva con el conocimiento hacia una posición reflexiva, en la que se ve obligado a revisar, justificar y, eventualmente, reorganizar sus propias ideas (Fabre, 1999).

En coherencia con el plano disciplinar, la intención es que este tipo de situaciones (problematizadoras) dejen ver el espacio como un campo sumergido en tensiones conceptuales, al cual hay que hacer un acercamiento de manera cuidadosa y reflexiva. En este sentido, el aprendizaje se contempla como un proceso en el que el estudiante interpreta, organiza y reconstruye sus ideas, en relación con esta noción, desde un contexto que le permita contrastar distintas definiciones al respecto de un mismo fenómeno. En este proceso, la construcción de explicaciones propias logra dar sentido tanto a la utilidad como a los límites de las propias teorías, lo que permite adoptar posturas críticas para otorgar un sentido frente al estudio de estos paradigmas de conocimiento.

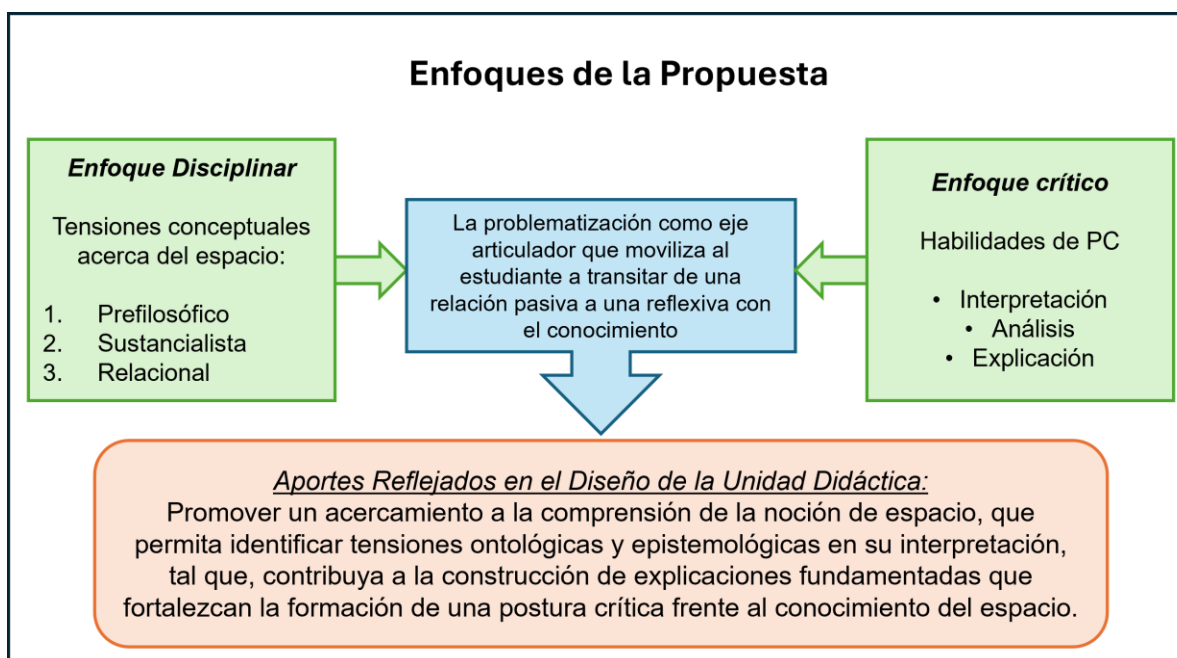
Por lo tanto, la organización de situaciones problema no sólo permite orientar el contenido disciplinar de la propuesta, sino que también favorece al desarrollo de habilidades críticas, en la

medida que promueve un abordaje reflexivo del conocimiento. Así, la propuesta también se orienta a analizar cómo estas posturas críticas emergen y se fortalecen en el proceso de aprendizaje, específicamente, a partir de tres habilidades que se encuentran en correspondencia con las propuestas por Facione (2007). Estas son: la Interpretación, la cual se asume como la capacidad de comprender y expresar el significado de una situación o concepto en un contexto dado; el Análisis, entendido como la virtud para identificar relaciones entre evidencias, supuestos y conclusiones; y la Explicación, asumida como el potencial para argumentar de manera coherente y fundamentada su postura frente a diversas situaciones.

Estas habilidades de manera conjunta con actividades que promuevan el contraste y la confrontación entre diferentes maneras de interpretar y comprender la estructuración del espacio, se constituyen en un eje que articula los procesos de análisis y argumentación. De esta manera, los estudiantes pueden establecer diferencias y relaciones entre dichas perspectivas espaciales, valorando así su utilidad en la explicación de fenómenos naturales, como, por ejemplo, el movimiento; y pretender que estas experiencias trasciendan en la construcción de explicaciones que reflejen una postura reflexiva frente al entendimiento del espacio.

De este modo, el enfoque crítico no se incorpora como un componente adicional de la propuesta, sino como un eje transversal que orienta tanto el diseño de actividades como la forma en que se analizan los resultados. En articulación con el enfoque disciplinar, las tensiones ontológicas y epistemológicas, asociadas a la noción de espacio, este enfoque no sólo estructura el contenido de la unidad, sino que configura las condiciones necesarias para el desarrollo de habilidades críticas para el abordaje y estudio del espacio, en coherencia con los propósitos formativos planteados en el presente trabajo.

A continuación, se presenta un diagrama (Esquema 4.1), el cual pretende sintetizar la estructura que organiza los criterios del enfoque disciplinar y las habilidades de pensamiento crítico, descritos anteriormente, y que en conjunto permiten guiar una organización coherente dentro del diseño de la unidad.



Esquema 4.1. Enfoques de la propuesta (disciplinar y crítico)
Elaboración propia

Diseño de la Unidad Didáctica

En coherencia con el enfoque disciplinar y crítico, el diseño de la Unidad Didáctica (que se encuentra de manera detallada en el Anexo 1) se fundamenta en la generación de tensiones conceptuales, alrededor de la noción de espacio, que, presentadas de manera secuencial y organizada —como se mostrará a continuación— permiten al estudiante transitar desde interpretaciones espaciales basadas en la experiencia inmediata, hacia formas más abstractas, en términos relacionales, de comprender el espacio. Con esto en consideración, la Unidad se

estructura en tres momentos importantes; cada uno de ellos propone una manera particular de entender el espacio desde un marco interpretativo específico (en consideración con los enfoques disciplinares), a la vez que pone en evidencia los alcances y limitaciones explicativas de cada uno de estos modelos. De este modo, se propone articular un acercamiento progresivo para el estudio del espacio físico, a partir del análisis y las reflexiones que surgen del contraste entre diferentes posturas e hipótesis propuestas.

Las actividades que componen esta unidad fueron diseñadas como momentos formativos secuenciales, orientados —en consideración del recorrido histórico previo— a confrontar progresivamente distintas concepciones ontológicas y epistemológicas en la conceptualización del espacio. Aun así, el fenómeno articulador de la propuesta lo constituye el movimiento, y su relación con los sistemas de referencia, en tanto permiten evidenciar las condiciones espaciales bajo las cuales es posible justificar el desplazamiento de un cuerpo. En este sentido, las actividades no se limitan a ilustrar conceptos, sino que sitúan al estudiante de cara a situaciones problema que le permiten analizar, interpretar y reconstruir sus conocimientos acerca del espacio físico, promoviendo así una actitud crítica frente al aprendizaje de este.

A continuación, se presenta la estructura correspondiente a cada una de las actividades propuestas —misma que, en conjunto, forman parte de los momentos previamente citados—. En este apartado se muestra el objetivo de cada una de las actividades, así como la manera en que se desea promover la articulación entre el enfoque disciplinar y el desarrollo de las habilidades críticas propuestas. Para ello, se describe en qué consiste el abordaje de cada actividad, identificando aquellos instantes orientados a promover una reflexión crítica en torno a dichos supuestos espaciales (de cada enfoque disciplinar específico). Finalmente, cada actividad plantea preguntas orientadoras que tienen como intención generar tensiones conceptuales frente a dichas formas de comprensión

espacial. Cabe señalar que la estructura completa de la Unidad Didáctica se presenta de manera detallada en el Anexo 1.

Actividad 1 — Entre pistas y recorridos. (Primer momento)

Esta actividad está orientada a establecer las concepciones de espacio cercanas a la experiencia directa y sensible del estudiante, por ende, la misma tiene una fuerte afinidad con la postura espacial presentada desde el enfoque prefilosófico. Aun así, este momento no se propone con intención de que el estudiante adopte explícitamente marcos explicativos antiguos y superados, sino más bien que reconozca cómo, en contextos contemporáneos, el espacio sigue siendo vivido, significado y utilizado como una realidad concreta, es decir, importante como referente local y orientador, antes de ser formalizado teórica y matemáticamente como una estructura abstracta. De este modo, la actividad establece un punto de partida en el entendimiento de esta noción que posteriormente será sometida a tensiones epistemológicas y ontológicas en consideración de las preguntas orientadoras.

- Objetivo de la actividad

Analizar las concepciones de espacio que surgen de la experiencia cotidiana, en el ejercicio de orientar desplazamientos, tal que, se reconozca el papel de la experiencia sensible y de los objetos tangibles en la construcción del conocimiento espacial.

- Abordaje de la Actividad

Para el desarrollo de la actividad los estudiantes, en grupos de trabajo, deben construir un mapa de una región delimitada y específica (puede ser la cancha deportiva, un patio o plaza de recreo, un

edificio o pasillo), esto con el propósito de esconder allí un “tesoro” (que puede consistir en un objeto simbólico, un dulce o un mensaje), y, proponer una serie de pistas que al seguirlas o completarlas permitan encontrarlo. Estas pistas pueden variar desde indicaciones directas hasta acertijos que obliguen a interpretar el entorno y reconocer objetos como elementos de referencia; posteriormente, los mapas serán intercambiados entre los grupos, para que cada uno de estos siga las instrucciones recibidas y logre localizar dicho tesoro.

A través de esta dinámica, se busca que los estudiantes no sólo desarrollen habilidades asociadas a la construcción e interpretación de mapas —como lo es el uso de símbolos, la orientación o la proporción de escala—, sino que además, desde el punto de vista epistemológico, esta experiencia permite problematizar el espacio tal como se vive y concibe en la experiencia cotidiana, permitiendo evidenciar que, antes de cualquier formalización abstracta, el espacio se comprende como un conjunto de lugares determinados por la experiencia, que permiten generalizar recorridos y referenciar lugares que hacen posible la acción de desplazarse.

- Mediación disciplinar y crítica, dirigida por el docente

En esta primera actividad, la mediación por parte del docente es fundamental para orientar los hechos o acontecimientos derivados de la práctica hacia una reflexión crítica de la noción de espacio, desde una perspectiva prefilosófica. A partir de las acciones realizadas por los estudiantes —como la construcción de mapas, la orientación de recorridos y la búsqueda del tesoro—, se abre un escenario para el diálogo que, guiado mediante preguntas problema, permite evidenciar las concepciones implícitas del espacio que emergen de la necesidad de organizar y explicar el desplazamiento desde la experiencia vivida.

De esta manera, los estudiantes deben responder un cuestionario que pretende identificar qué elementos del mapa fueron más relevantes para orientarse y desplazarse durante la búsqueda del tesoro. En primer lugar, se invita a reflexionar acerca de los elementos que permiten guiarse y no perderse durante el recorrido hasta alcanzar el objetivo. Por esa razón se propone la pregunta: *“Durante la búsqueda del tesoro, ¿qué elementos, estrategias o recursos consideran que resultaron más determinantes para mantener la orientación y avanzar con éxito durante el recorrido?”*.

Con este cuestionamiento se desea orientar la atención hacia la importancia de organizar simbólicamente el entorno espacial, de manera que permita reconocer símbolos, señales e instrucciones. Por lo tanto, se desea dar cuenta de que, desde esta perspectiva, el espacio no se concibe como una entidad abstracta, sino más bien, como un entramado de elementos configurado por aspectos que revelan características de orden concreto, tangibles y estrechamente relacionados con los objetos presentes en él. Esta reflexión fortalece la habilidad de análisis al identificar qué elementos del entorno resultan relevantes para orientar las nociones espaciales.

Acto seguido, se profundiza en el papel que desempeñan los símbolos y elementos presentados en el mapa. Se propone la siguiente pregunta: *“En la experiencia de la búsqueda del tesoro, ¿qué nivel de importancia le atribuyen a los símbolos y a la referencia de objetos, presentes en el mapa, para alcanzar el objetivo final?”*. A través de esta reflexión se desea valorar cómo dichos elementos permiten organizar formalmente los recorridos y dar sentido a los desplazamientos. Esta discusión favorece el desarrollo de una interpretación crítica del espacio, en tanto reconoce la utilidad y coherencia de los elementos u objetos en la organización del movimiento, dentro de un escenario espacial.

Posteriormente, se propone una pregunta orientada a problematizar la dependencia que existe entre la organización en las indicaciones para orientar un desplazamiento y los puntos o sistemas de referencia utilizados para ello. Se debate la siguiente pregunta: *“Si carecieran de un sistema de referencia —como el árbol, el edificio o las escaleras—, ¿cómo harían para organizar y transmitir las indicaciones que permitan guiar un recorrido u orientar un desplazamiento dentro del mapa?”*.

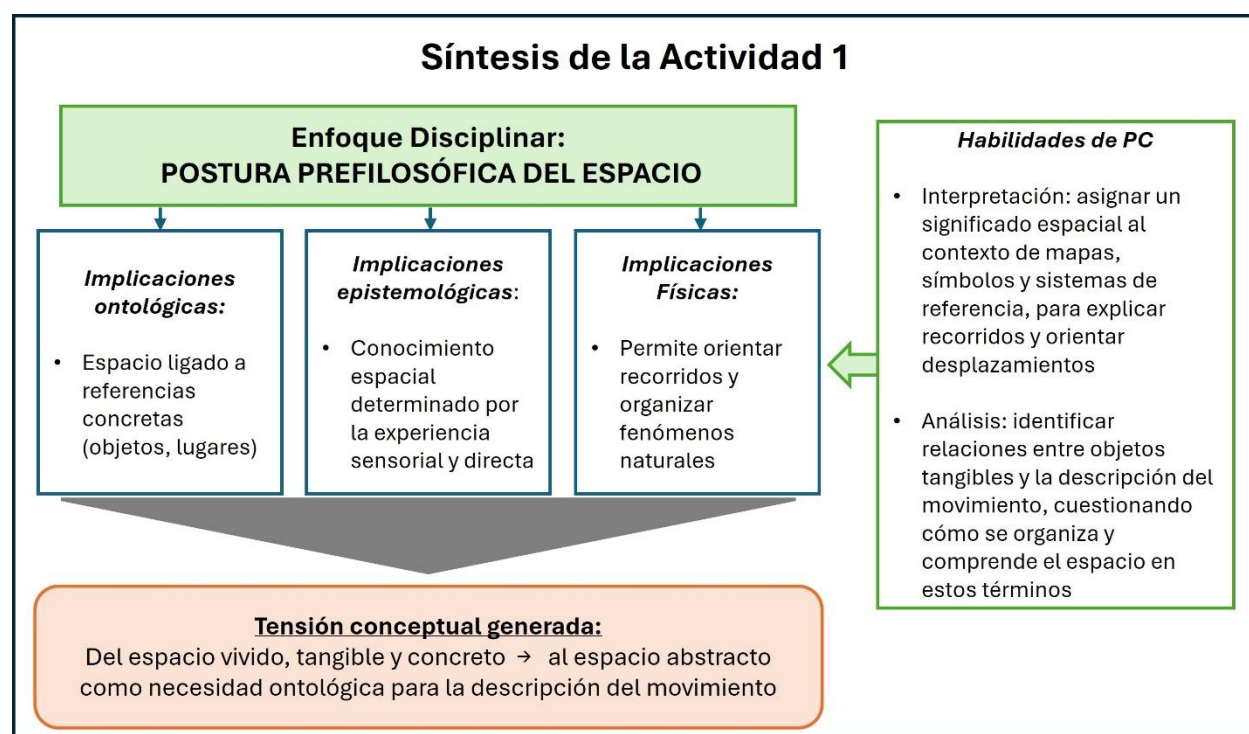
Al imaginar un escenario espacial con ausencia de elementos u objetos específicos que sirvan como sistema de referencia, se enfrenta la necesidad de reconsiderar cómo es posible organizar nuestra noción de desplazamiento. Este contexto promueve una reflexión ontológica del espacio como una noción que emerge de la vivencia local y que está directamente relacionada con los objetos del entorno; en este punto se potencia la reinterpretación de ideas previas, al poner en tensión la descripción del espacio en ausencia de elementos físicos de orden abstracto.

Finalmente, a manera de conclusión, se orienta una reflexión más amplia en torno al espacio, entendido ya no sólo como el “lugar” —desde la perspectiva aristotélica— donde se encuentran los objetos, sino ahora también como un factor fundamental para la organización y comprensión de fenómenos físicos, como, por ejemplo, la descripción del movimiento en ausencia de un sistema de referencia de orden tangible. Así, se propone discutir la siguiente pregunta: *“¿Cómo podrían justificar de manera clara y concreta, en ausencia de un sistema de referencia concreto y tangible, que realmente están, o no, en movimiento?”*.

Esta pregunta permite introducir deliberadamente una tensión conceptual que prepara el terreno para el siguiente momento. En el que se desea poner en consideración un análisis sobre la configuración de los sistemas de referencia para lograr describir fenómenos relacionados con el movimiento, y cuál es su relación directa con la necesidad de introducir un sistema de referencia que concibe el espacio como una estructura absoluta, geoméricamente organizada y de orden

abstracto. Sin embargo, hasta aquí, estas preguntas fomentan la confrontación de ideas, la organización de explicaciones y la construcción de posturas propias acerca de la interpretación del movimiento y de su relación con el espacio, que en conjunto contribuyen al abordaje de los fundamentos epistemológicos de esta noción (de espacio) desde una postura crítica, en términos del análisis y la reflexión.

El siguiente diagrama (Esquema 4.2) resume la manera en que esta actividad articula el abordaje del componente disciplinar —asociado a una comprensión prefilosófica del espacio— con el fortalecimiento de las habilidades críticas. Asimismo, permite evidenciar cómo la misma busca generar tensiones conceptuales que favorecen una reflexión frente a la comprensión de la noción espacial.



Esquema 4.2. Síntesis de la actividad 1 (enfoques disciplinar y crítico)
Elaboración propia

Actividad 2 — ¿Estamos, quietos o en movimiento? (segundo momento)

Con esta actividad, se desea introducir al estudiante en una problematización más profunda de la conceptualización del espacio. La experiencia busca confrontar la necesidad de describir y argumentar la noción de movimiento desde marcos de referencia más formales y abstractos. Es por esto que, a partir de la práctica, se pretende que los estudiantes exploren los supuestos ontológicos y epistemológicos que sustentan la introducción de un marco de referencia absoluto e independiente de los cuerpos. De este modo, la actividad se configura como un escenario de transición entre el espacio vivido desde la experiencia sensible, y el espacio formalizado como estructura abstracta que permite formalizar las leyes físicas del movimiento —desde una perspectiva newtoniana—; preparando así el terreno para cuestionamientos y tensiones en torno a la naturaleza propia del espacio.

- Objetivo de la actividad

Problematizar la noción de espacio absoluto, como sistema de referencia que permite la descripción y medición del movimiento, reconociendo los supuestos y tensiones epistemológicas que fundamentan la idea de un sistema de referencia privilegiado e independiente de los cuerpos.

- Abordaje de la Actividad

Los estudiantes, organizados nuevamente en grupos de trabajo, deberán encontrar la manera de argumentar en qué situaciones (de los distintos contextos que se presentarán en la práctica) es posible afirmar que un cuerpo u objeto se encuentra, o no, en movimiento. Esta problematización se desarrolla a través de una experiencia progresiva organizada en dos fases, mismas en las que el análisis y la descripción del movimiento se vuelven cada vez más dependientes de la elección de un sistema de referencia estable, es decir, de un punto de referencia invariante que permita la

medición organizada del movimiento. El propósito final es confrontar a los estudiantes con una de las concepciones más influyentes y persistentes en la historia de la física: el espacio como una entidad absoluta, de carácter homogéneo y que es previo a la experiencia.

En este orden de ideas, cada grupo contará con los siguientes materiales: un palo de balso y una cuerda de goma de la misma longitud —estos elementos son muy importantes, ya que funcionarán como la *unidad* de medida en los procesos de medición dentro de la actividad—, además de un cono de señalización, una tiza y una libreta con lapicero para el registro de datos.

- Primera fase: Descripción del movimiento con un sistema de referencia fijo

Para comenzar, se debe delimitar una región amplia de trabajo, de entre 90 y 150 metros cuadrados (puede ser, por ejemplo, un pasillo, una fracción de la cancha o del patio). En esta zona cada grupo establecerá un punto fijo que funcionará como un sistema de referencia inicial —puede ser una puerta, una columna, un árbol o un asiento—, y ubicará allí el cono de señalización para referenciar dicha posición.

Posteriormente, un integrante del grupo se posicionará exactamente a una unidad de distancia del cono —medida realizada con el palo de balso— y en una dirección arbitraria. Luego, desde esa posición inicial, el estudiante se desplazará libremente dentro de la región delimitada, hasta detenerse en un nuevo punto final —que puede marcarse con la tiza para facilitar su identificación—. Los demás integrantes del grupo miden la distancia entre el punto de referencia fijo (el cono) y la posición final del estudiante, primero utilizando el palo de balso y luego la cuerda de goma, registrando los valores obtenidos.

Este primer escenario permite la organización y descripción del movimiento de un cuerpo mediante un marco de referencia estable, favoreciendo así la construcción de explicaciones en

donde la comprensión del espacio comienza a ser formalizada en función de la medición y la comparación de distancias establecidas entre distintos sistemas de referencia.

- Segunda fase: Descripción del movimiento con un sistema de referencia móvil

Para esta parte de la práctica, se conserva la misma región de trabajo y la disposición inicial — donde el estudiante se ubica a una unidad de distancia respecto del cono—, pero para este momento se modificará intencionalmente la manera en que se concibe el sistema de referencia. Además, para este proceder es práctico dividir la situación en dos casos.

Caso 1: Sistema de referencia móvil, que imita el movimiento del estudiante

De esta manera, una vez establecida la disposición inicial entre el cono y el estudiante que se desplazará en la región delimitada. Es importante considerar ahora que el cono, que representa el sistema de referencia, en este caso también se desplazará y de manera controlada —con ayuda de otro integrante del grupo— con la intención de imitar tal cual el movimiento que realiza el estudiante. (Por ejemplo, si después de la disposición inicial el estudiante se desplaza tres unidades en la “dirección x ” y cuatro unidades en la “dirección y ”, entonces el cono debe moverse —con la ayuda del otro integrante del grupo— siguiendo el mismo patrón.) De este modo se continuará hasta que el estudiante que se mueve respecto al sistema de referencia (cono) llegue a una posición final. Luego de esto, se realizan nuevamente las mediciones de la distancia que hay entre ambos puntos (cono-estudiante) utilizando los dos instrumentos de medición y se registran los datos en la libreta de apuntes.

Caso 2: Sistema de referencia móvil, que tiene un movimiento inverso al del estudiante

La organización y disposición iniciales son exactamente las mismas —un integrante del grupo se posiciona a una unidad de distancia respecto del cono, que funciona como sistema de referencia,

y, además, también se desplazará de manera controlada—. Sólo que en este caso, los desplazamientos del cono son en sentido contrario a los movimientos realizados por el estudiante. (Por ejemplo, si el estudiante se desplaza cuatro unidades en la “dirección x ” y tres unidades en la “dirección y ”, entonces el cono debe moverse —con ayuda de otro integrante— siguiendo un patrón de cuatro unidades en la “dirección $-x$ ” y tres unidades en la “dirección $-y$ ”). Al finalizar el recorrido establecido por el estudiante, se repiten las mediciones entre los dos puntos de referencia (cono-estudiante), con los dos instrumentos de medición, y se registran los resultados obtenidos.

En conjunto, estas experiencias introducen una diferencia significativa tanto en la interpretación de las mediciones obtenidas como en la descripción del movimiento en cada uno de los casos o situaciones. Lo que obliga a los estudiantes a reconstruir sus concepciones previas sobre la organización de los sistemas de referencia para, así, justificar de manera coherente el desplazamiento o movimiento de un cuerpo.

- Mediación disciplinar y crítica, dirigida por el docente

Para esta actividad, el docente guía la mediación de la experiencia hacia una problematización progresiva de la descripción del movimiento y, con ello, del espacio absoluto como estructura que ayuda a hacer posible dicha organización. A través de las preguntas orientadoras, para esta ocasión, se desea que los estudiantes transiten desde los criterios cotidianos del movimiento —basados en percepciones sensoriales— hacia un examen crítico de los supuestos racionalistas bajo los cuales es posible afirmar, desde una perspectiva física, que un cuerpo se encuentra en movimiento o en reposo.

En un primer momento, cuando se trabaja con un sistema de referencia fijo (primera fase), el diálogo está dirigido a tensionar la confianza inmediata en la percepción sensorial. Por esto, se propone abordar la siguiente pregunta: “*¿en qué condiciones consideran que es válido afirmar, desde una perspectiva coherente, que el cuerpo (estudiante) sí ha experimentado un movimiento?*”. A partir de esta reflexión, la atención se dirige hacia el papel fundamental del sistema de referencia y de la acción de medir distancias entre puntos, convirtiéndose en una dinámica que abre la oportunidad para analizar y evaluar el grado de objetividad presente en las explicaciones que se construyen.

Luego, dentro de este mismo instante de reflexión, se propone otra pregunta la cual conduce a identificar qué elementos conceptuales y operativos resultan indispensables para lograr describir el movimiento de manera precisa. Se pregunta acerca de: “*¿qué elementos, tangibles o no, consideran que son indispensables para lograr describir el movimiento de forma clara y objetiva?*”. Esta pregunta introduce una distinción implícita entre el cuerpo en movimiento y la organización de un marco referencial que permita describir con precisión dicho movimiento, orientando la reflexión hacia una propuesta de un marco necesario que funcione como sistema de referencia.

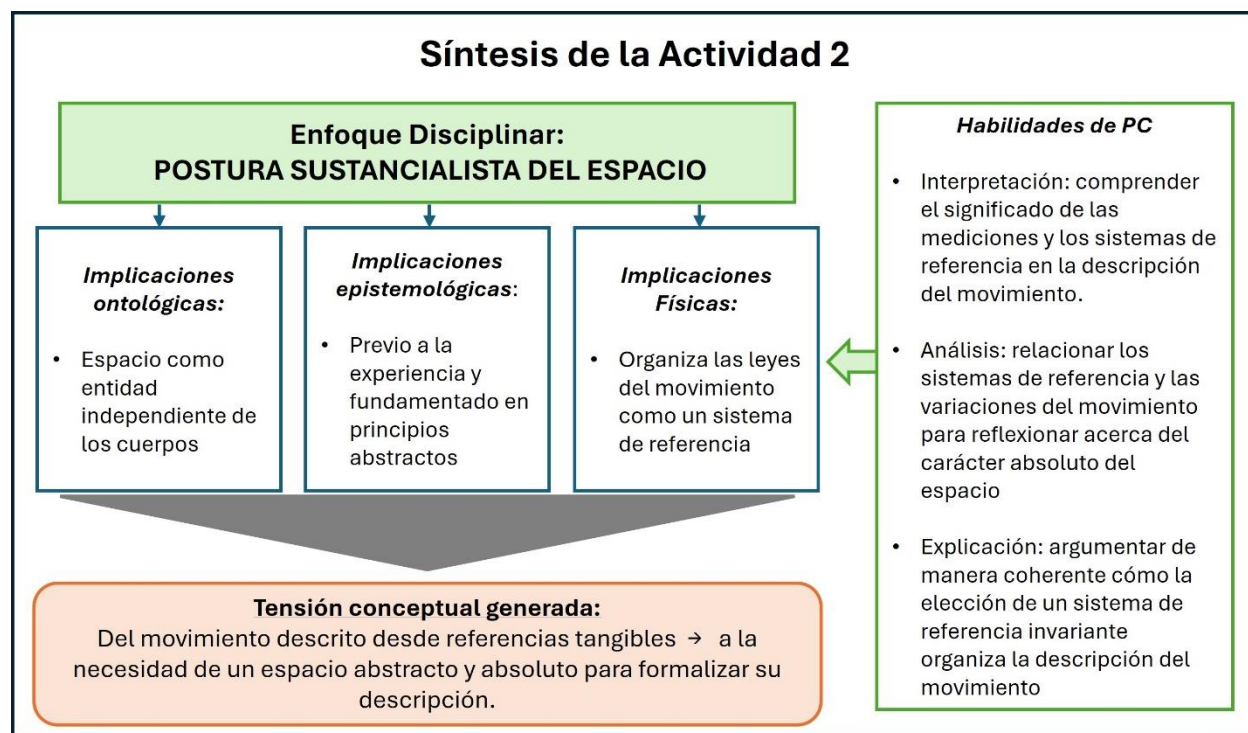
Para el segundo momento, cuando se introduce un sistema de referencia móvil (segunda fase), se propone profundizar la tensión conceptual en torno a la organización del movimiento. A partir de la pregunta: “*Cuando el sistema de referencia acompaña el movimiento del estudiante y la distancia entre ambos permanece aproximadamente constante, ¿en qué sentido es posible afirmar que el estudiante se ha movido?*”. Además de una reflexión acerca de “*¿qué diferencias es posible establecer, de manera experimental, entre el reposo y el movimiento cuando el sistema de referencia se mueve junto al cuerpo observado?*”.

Con las preguntas anteriores, se pretende desplazar el problema del movimiento y su relación con el sistema de referencia de un plano perceptivo a uno más abstracto, poniendo en evidencia que la conceptualización del movimiento no es una noción absoluta, sino que más bien depende de las condiciones bajo las cuales se realiza dicha descripción. Fortaleciendo así la capacidad de análisis en cuanto a la coexistencia de descripciones y explicaciones de un mismo fenómeno.

Finalmente, para el caso donde el sistema de referencia se desplaza en sentido inverso al movimiento del estudiante, las grandes variaciones en las mediciones permiten preguntar: “*¿Qué relación encuentran entre la descripción del movimiento, las condiciones propias de la medición y la organización de una estructura externa a los cuerpos que guíe la medición?*”. Esta pregunta conduce a examinar si las mediciones entre sistemas de referencia pueden interpretarse de manera independiente del recorrido del estudiante y qué sugiere esta experiencia acerca de la naturaleza del espacio como una estructura organizacional.

La mediación de esta actividad culmina con una pregunta de cierre que sintetiza la tensión central de la actividad y es: “*¿Hasta qué punto la introducción de un sistema de referencia privilegiado, como el espacio absoluto, permite una descripción más precisa del movimiento o excede lo que la experiencia puede justificar?*”. En conjunto, estas preguntas permiten reconocer el potencial explicativo de los sistemas de referencia para la interpretación de la noción de movimiento, al tiempo que reflejan el potencial explicativo de concebir el espacio como una estructura, geoméricamente organizada, que puede ayudar a organizar el movimiento en situaciones en las que el sistema de referencia varía. Esto permite abrir paso a un estudio crítico, de orden analítico, al respecto tanto de las ventajas como de las limitaciones que surgen al introducir esta noción absoluta.

El siguiente diagrama (Esquema 4.3) sintetiza como la actividad articula el abordaje del componente disciplinar —asociado a una comprensión sustancialista del espacio— con el fortalecimiento de las habilidades críticas. De la misma manera, permite evidenciar las tensiones conceptuales que motivan una reflexión frente a la interpretación del espacio como una entidad absoluta e independiente de los cuerpos.



Esquema 4.3. Síntesis de la actividad 2 (enfoques disciplinar y crítico)
Elaboración propia

Actividad 3 — La problematización del espacio absoluto: un nuevo punto de partida

(Tercer momento)

Esta actividad contempla el momento de cierre de esta unidad y está orientada a problematizar de manera general la noción de espacio que ha sido construida, cuestionada y reformulada progresivamente en el transcurso de las actividades anteriores. Tras haber explorado el espacio

como una experiencia sensorial y local, y luego como una entidad abstracta y absoluta, con esta actividad se invita al estudiante a confrontar dichas concepciones, ahora en correspondencia con una perspectiva relacional. A través del análisis guiado, con ayuda de material audiovisual, se busca, uno, reconocer los límites explicativos del espacio absoluto, y dos, pasar a reconocer el espacio como una estructura relacional, dependiente de las interacciones entre cuerpos. De este modo, la dinámica de la actividad se plantea no como una transmisión de contenidos, sino como un escenario de discusión colectiva que promueve nuevas formas de reflexionar y concebir la noción de espacio desde un marco de relaciones entre cuerpos.

- Objetivo de la actividad

Analizar las limitaciones en la formulación del espacio absoluto que surgen de las interpretaciones relacionales en la descripción del movimiento, con la finalidad de reconocer el espacio como una organización dependiente de la relación entre los cuerpos.

- Abordaje de la Actividad

Una vez finalizada la actividad anterior, se plantea que la descripción física del movimiento requiere de determinadas condiciones específicas, pero en particular de la definición de un sistema de referencia estable o invariante. Sin embargo, dichas experiencias también establecen una dificultad importante en la descripción del movimiento, que se presenta cuando no se cuenta con un sistema de referencia en reposo, ya que en estas ocasiones la descripción del movimiento se torna ambigua. Esta tensión abre paso a una pregunta central para iniciar la actividad, y es: “*¿Qué es aquello que realmente se mide cuando afirmamos que un cuerpo se mueve, el espacio recorrido entre los cuerpos o las relaciones de distancia que se establecen entre estos?*”.

En este contexto, se plantea profundizar en la problematización del espacio absoluto a partir del análisis de un material audiovisual que pretende cuestionar la utilidad de este (espacio absoluto),

ampliando a una nueva perspectiva de orden relacional. Con este material (audiovisual) se desea enfatizar y reconocer que todos los movimientos descritos físicamente en realidad son de orden relativo, dado que no existe un marco de referencia universal que pueda garantizarse que está en absoluto reposo.

Esta verificación establece que, cuando un cuerpo se mueve, lo que se cuantifica en realidad no es el espacio en sí mismo, sino la distancia que se establece entre un primer cuerpo y los demás (cuerpos) que funcionan como sistemas de referencia para orientar el movimiento del primero. De este modo, la noción de espacio comienza a ser cuestionada desde diferentes interpretaciones, abriendo la posibilidad de pensarlo (el espacio), ahora, en términos de una estructura relacional, cuya definición depende de las interacciones que se den entre los cuerpos en particular.

- Mediación disciplinar y crítica, dirigida por el docente

El debate dentro de la actividad se orienta a desplazar el foco de análisis desde el fenómeno del movimiento —ya problematizado fuertemente en las actividades anteriores y al inicio de esta— hacia un estudio ontológico y epistemológico de la estructura propia del espacio que subyace en una nueva descripción a introducir (el enfoque relacional). Para esto, se estructura la mediación en tres etapas, cada una con preguntas orientadoras que operan como puntos de tensión en la conceptualización del espacio.

- Primera etapa

Esta actividad inicia con la proyección de una primera secuencia de vídeos que retoman la descripción del movimiento y su dependencia de los sistemas de referencia; la intención es que el mismo permita conducir la discusión hacia ciertas preguntas que ya no apuntan al *cómo* se organiza la descripción del movimiento, sino más bien hacia el *qué* se presupone cuando se lo describe. En

este orden de ideas se propone debatir acerca de: “¿cuál es la necesidad de postular la existencia de un espacio absoluto que funcione como una marco último de referencia para el movimiento?”, y si se acepta la existencia de dicha concepción absoluta, “¿Qué características ontológicas debería tener para cumplir efectivamente ese papel?”.

Con estas preguntas se desea dar por sentado que, la dificultad en la precisión de la descripción del movimiento no radica en justificar la existencia y organización de un fondo espacial independiente que permita llevar a cabo dichas mediciones; sino más bien en la estrategia de lograr determinar sistemas de referencia, con el máximo aparente estado de reposo, tal que, permita aproximarse a una cuantificación “precisa” del movimiento —concluyendo, nuevamente, en el carácter relativo del movimiento—. De esta manera, se prepara el terreno para introducir la crítica de Leibniz: un espacio absoluto que configura y permite situaciones físicamente indistinguibles, pero ontológicamente distintas, resulta en una idea problemática, pues vulnera el principio de identidad de los indiscernibles. Así, el espacio comienza a ser cuestionado no por su utilidad operativa, sino por la fragilidad que refleja en sus fundamentos ontológicos.

- Segunda etapa

Para esta parte de la actividad, el contenido audiovisual está compuesto por un segmento de video que se refiere a algunos apartados acerca de la realidad que se encuentran en el texto: *Tratado de los principios del conocimiento humano*, de George Berkeley. Esto tiene como finalidad profundizar en la problematización del espacio en cuanto a su dimensión ontológica y su carácter abstracto. Vale la pena resaltar que el material audiovisual propone una reflexión al respecto de la manera en que la realidad es concebida e interpretada, concluyendo que en muchas ocasiones es orden subjetivo; y proponiendo además —en relación a nuestra situación específica— que:

“respecto a los objetos del sentido, el espacio no puede existir fuera de la mente”, y que, “incluso nos es difícil imaginar un espacio carente de cuerpos”

Con esta tensión generada alrededor de las ideas de conocimiento que permean la noción de espacio, se orienta una crítica al espacio absoluto mediante la siguiente pregunta: “*¿En qué sentido puede afirmarse que el espacio existe independientemente de la experiencia sensible?*”, y de esta manera, “*¿El espacio es una entidad que se descubre en la naturaleza o una noción conceptual que la mente elabora para organizar la experiencia?*”.

Con estas preguntas se desea tensionar el carácter interpretativo de la noción de espacio, permitiendo mostrar que su estatuto filosófico no es evidente (tangible) y mucho menos neutral. El diálogo se orienta a reconocer entonces que, en muchas ocasiones, la conceptualización de espacio que opera en la física funciona desde un carácter abstracto y subjetivo. Además, la idea de problematizar el espacio bajo estas condiciones no implica negar su utilidad explicativa, sino, por el contrario, se trata de analizar críticamente cuáles son los supuestos ontológicos que lo sustentan tanto desde las perspectivas científicas como desde las filosóficas (epistemológicas).

- Tercera etapa

Para este momento de cierre, el docente introduce la definición del Principio de Mach⁶ como un punto de inflexión ontológico, el cual permite abrir una nueva interpretación del espacio como una estructura espacial de orden relacional. Se propone debatir la siguiente pregunta orientadora: “*¿Qué cambia en nuestra comprensión del espacio cuando la organización del movimiento pasa a depender únicamente de las interacciones entre cuerpos?*” y para terminar de tensionar el asunto del espacio absoluto, se dialoga, “*¿Qué significaría hablar de un espacio “vacío” si toda*

⁶...En el contexto *relacional*, la explicación del estado de inercia y de las fuerzas netas ya no requiere de asumir la existencia de un espacio absoluto y sustancial. En consecuencia, la inercia debe entenderse como el resultado de las relaciones e interacciones entre los cuerpos. Lo anterior, rompe con la conexión causal establecida por la física clásica entre esta (la inercia) y la supuesta sustancialidad del espacio (Cárdenas y Botero, 2009).

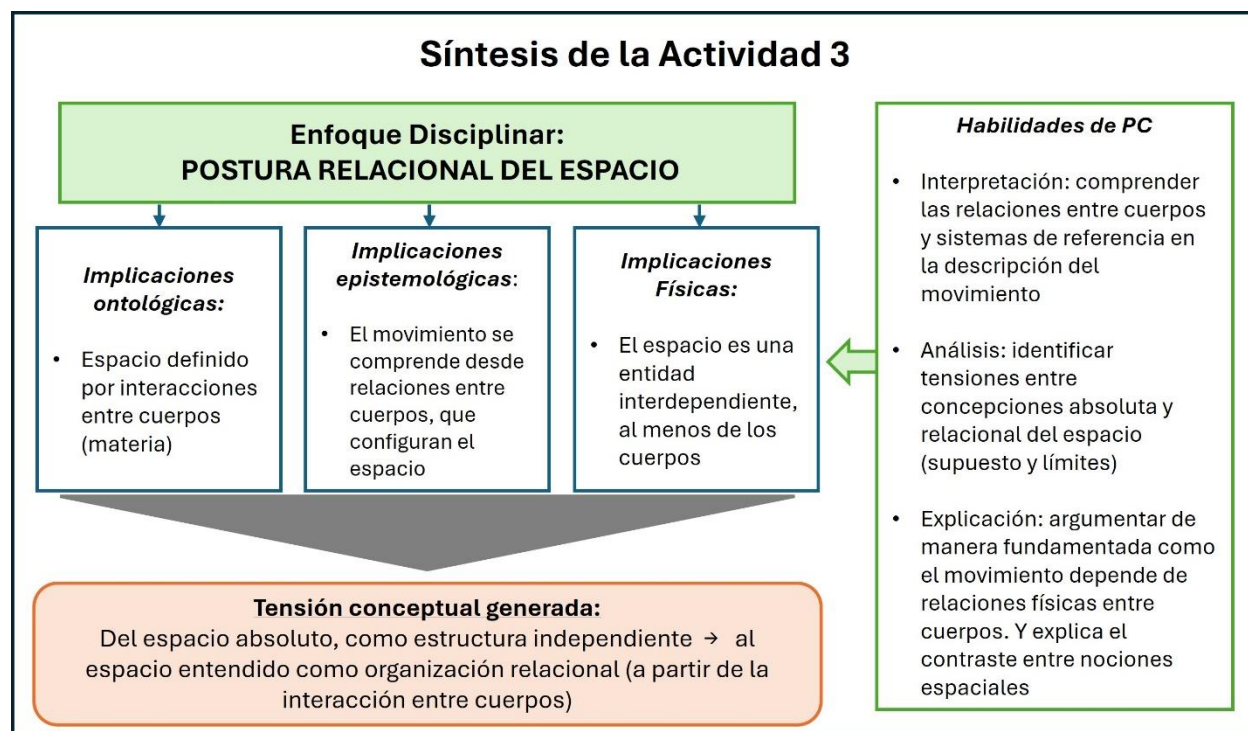
referencia espacial parece depender de percepciones, relaciones y comparaciones de cuerpos materiales?”.

Con estas preguntas se pretende instaurar una crítica profunda frente a la manera de concebir las distintas conceptualizaciones acerca del espacio. Así, el docente motiva una última reflexión al respecto, que está dirigida al análisis de las consecuencias epistemológicas de esta nueva propuesta. De esta manera deja ver cómo las ideas de Mach influyen en el desarrollo de la teoría de la relatividad General, específicamente con la introducción de una nueva concepción que define el espacio como una estructura ligada al tiempo (el espacio-tiempo) y que se configura a partir de la distribución de masa o materia.

El debate culmina exponiendo que este cambio en la manera de interpretar la noción de espacio implica, de entrada, debe dejar de lado la idea de que esta noción está ligada a una definición o manera de interpretar única, sino que, más bien, esta noción hace parte de un conocimiento que hemos organizado a partir de la necesidad explicativa que ha surgido de nuestra curiosidad por comprender los fenómenos de la naturaleza.

A manera de cierre con esta actividad, los estudiantes se organizan en parejas, esto con el propósito de que puedan llevar a cabo el siguiente ejercicio: Construir un mapa mental o de ideas que les permita sintetizar y problematizar sus concepciones de espacio, aprendidas durante todo el recorrido de la unidad, donde se refleje de manera argumentada la utilidad explicativa, los límites conceptuales y las tensiones ontológicas y epistemológicas que emergen al contrastar las distintas interpretación del espacio (prefilosófica, sustancialista y relacional). Este producto final funciona como evidencia del tránsito conceptual por parte del estudiante a través del desarrollo de la unidad. Además, ayuda a consolidar una imagen final del espacio como un problema abierto, históricamente situado y teóricamente revisable.

El siguiente diagrama (Esquema 4.4) presenta la manera en que esta actividad integra el abordaje del componente disciplinar —asociado a una comprensión relacional del espacio— con el fortalecimiento de las habilidades críticas. De igual forma, permite reconocer cómo la propuesta genera tensiones conceptuales que favorecen una reflexión sobre las distintas interpretaciones de la noción espacial.



Esquema 4.4. Síntesis de la actividad 3 (enfoques disciplinar y crítico)
Elaboración propia

En conjunto, la secuencia articulada de estos tres momentos responde a una lógica de progresión en la que cada actividad no sólo introduce una forma de comprender el espacio —a partir de su relación con el movimiento—, sino que también genera condiciones para su cuestionamiento desde nuevas experiencias. De este modo, las tensiones ontológicas y epistemológicas identificadas en el desarrollo de un acercamiento al concepto (de espacio) se traducen en decisiones didácticas

concretas que estructuran la unidad, permitiendo que el estudiante se aproxime a esta noción no como un contenido dado, sino como un problema susceptible de análisis y debate.

Esta organización responde directamente al propósito de indagar cómo el reconocimiento de dichas tensiones aporta a la estructuración de una propuesta de enseñanza —Unidad Didáctica—, en la que la comprensión del espacio emerge como resultado de un proceso crítico y reflexivo, en coherencia con la pregunta orientadora que guía el presente trabajo.

Consideraciones Previas a la Implementación de la Unidad (Actividad Diagnóstico)

Previo a la implementación de las actividades propuestas en el marco de la Unidad Didáctica, se propone una actividad inicial que tiene como intención reconocer los conocimientos previos, o las ideas de anclaje, que los estudiantes poseen acerca de la noción de espacio. Este ejercicio busca identificar un punto de partida conceptual desde el cual ellos construyen sus interpretaciones y explicaciones al momento de ser confrontados dentro de situaciones cotidianas que involucran esta noción.

Desde enfoques investigativos de carácter cualitativo, este tipo de actividad puede ser entendida como una etapa diagnóstica, concebida como un momento de apertura a los distintos puntos de vista que emergen en torno a la problemática establecida. En este sentido, Marti (2002) señala que esta etapa se orienta a la elaboración de un diagnóstico que permita recoger respuestas surgidas de la propia práctica de los sujetos, las cuales se constituyen en insumos fundamentales para el análisis, el debate y la negociación de significados. Bajo esta perspectiva, la actividad diagnóstica configura un primer acercamiento al nivel de comprensión del contexto en el que se inscribe la propuesta.

En coherencia con lo anterior, la actividad diagnóstica que se propone para este trabajo tiene como título: “*Explorando el Espacio con el Tangram*” (la misma se presenta de manera detallada en el Anexo 2). Para este apartado, conviene mencionar que la actividad se encuentra estructurada en tres momentos, que se disponen de la siguiente manera.

En el primero de ellos, los estudiantes deben construir una figura de manera libre —lo anterior, haciendo uso de las piezas de un tangram—; además, realizan también una representación gráfica de la figura y, a partir de estas dos representaciones, se les solicita explicar qué interpretaciones tienen acerca de la noción de espacio y cómo las representaciones previamente construidas pueden ser utilizadas para relacionar y comunicar estas ideas. Este momento permite identificar las concepciones y los niveles de interpretación iniciales que se tienen acerca del espacio.

Para el segundo momento, se introduce una condición de restricción, al exigir que la figura construida —con las piezas del tangram— ahora se organice únicamente dentro de un marco definido (el marco del tangram). Esta variación busca tensionar la concepción inicial de espacio, invitando a reflexionar acerca de la relación entre la figura, el límite del marco que la contiene y las condiciones de organización espacial. Las preguntas asociadas a este momento permiten identificar posibles transformaciones en la manera de comprender el espacio, particularmente en relación con su carácter estructurante y limitante.

Finalmente, en el tercer y último momento, ya no se trabaja directamente en la construcción de figuras, sino que en esta ocasión se propone una pregunta orientadora de carácter más abstracto. La misma está dirigida a problematizar la naturaleza del espacio, en términos de su posible tangibilidad o mensurabilidad, y para responder a ella, se puede apoyar en las consideraciones derivadas de los dos momentos y experiencias anteriores. Con esta discusión, se obliga a los

estudiantes a asumir una postura argumentada frente al espacio, lo que permite acceder a niveles explicativos de elaboración inicial.

En conclusión, la actividad diagnóstica no sólo cumple una función descriptiva en cuanto a las ideas iniciales de espacio que se pueden reflejar en los estudiantes, sino que sus respuestas se constituyen en un referente de análisis que posibilita establecer comparaciones con las producciones posteriores, permitiendo evidenciar posibles procesos de evolución en la interpretación y comprensión frente a la noción de espacio.

Caracterización del Contexto de Implementación y de la Población Participante

En un inicio, esta propuesta de Unidad Didáctica se deseaba implementar en dos niveles educativos de la básica y media de secundaria; estos grados eran sexto y undécimo. Esta decisión estaba guiada por un interés metodológico: contrastar la manera en que estudiantes con distintos niveles de educación abordaban la propuesta de problematizar la noción de espacio. Sin embargo, determinadas restricciones al acceso de los grupos de estudiantes, así como las limitaciones en los tiempos disponibles para ejecutar el total de las actividades, dificultaron llevar a cabo la propuesta en los escenarios previstos.

Por esta razón, la implementación de la Unidad terminó configurándose en una propuesta de carácter piloto; esto se debió a que no fue posible desarrollarla con grupos completos e institucionalmente constituidos. Ya que en el caso del nivel de secundaria, solo se logró trabajar con un grupo reducido de estudiantes de grado sexto, y además, sin alcanzar a implementar el total de actividades previstas en el marco de la unidad.

De esta manera, la implementación de la propuesta —dentro de su carácter piloto— se consolidó en su totalidad con un grupo de estudiantes que cursan el primer semestre de la Licenciatura en Física. Cabe resaltar que este último grupo de estudiantes es una población que se encontraba en la etapa inicial de su formación, por lo que contaba con un aproximado de ocho semanas desde el ingreso al programa de licenciatura cuando desarrollaron la propuesta.

En consecuencia, la implementación de la Unidad asumió un carácter exploratorio, orientado más a revelar el carácter formativo en cuanto al análisis de las formas de interpretar, problematizar y explicar que pueden derivar de los estudiantes al momento de hacer frente a tensiones conceptuales y epistemológicas relacionadas con el espacio. Desde esta perspectiva, el interés de la implementación radicó en reconocer tendencias y/o dificultades en el proceder de los estudiantes al momento de generar explicaciones y tomar posturas críticas frente a las distintas concepciones espaciales. Al mismo tiempo, esta implementación piloto permitió valorar el carácter formativo y la pertinencia de las actividades diseñadas, en pro de identificar elementos a fortalecer o a ajustar para organizar próximas implementaciones en contextos más estables en términos académicos.

En consideración de lo anterior, es importante mencionar que las actividades que se consiguieron adelantar en la implementación con los estudiantes de grado sexto serán tenidas en cuenta en el análisis posterior de este trabajo (que se evidencia en el próximo capítulo). Por esta razón, en la implementación de la Unidad participaron dos grupos de estudiantes caracterizados principalmente por su diferente nivel de formación.

El primer grupo corresponde a estudiantes de grado sexto de educación básica —pertenecientes al Colegio Madre Elisa Roncallo—, con edades entre los 10 y 11 años; el mismo aún no contaba con un acercamiento formal a la física y se encontraba en etapas iniciales de aprendizajes matemáticos posteriores a la aritmética. Mientras que el segundo grupo estuvo conformado por estudiantes de

primer semestre de la Licenciatura en Física —de la Universidad Pedagógica Nacional—, con edades de entre los 16 y 28 años, quienes ya contaban con una formación matemática adquirida en la educación media, y con un acercamiento inicial (de ocho semanas) a los fundamentos de la mecánica clásica.

De este modo, el trabajo con grupos de diferentes niveles no busca establecer comparaciones en términos de desempeño, sino identificar cómo la problematización del espacio opera en contextos formativos diversos, evidenciando las condiciones bajo las cuales es posible promover una comprensión reflexiva y crítica de esta noción desde diferentes contextos y niveles académicos.

Instrumentos de Recolección y Organización de la Información

Instrumentos de recolección:

La recolección de la información obtenida de la implementación se realizó por medio de las producciones escritas y los esquemas finales —a manera de mapas mentales o de ideas— que fueron elaborados por parte de los estudiantes. Este material surgió al momento en que estos respondieron a las preguntas y diseñaron los bosquejos o representaciones que fueron propuestas en el abordaje de cada actividad. Por esta razón, estos dos elementos en conjunto actúan como el instrumento de análisis principal que guía la revisión de explicaciones y elaboraciones que surgieron de los estudiantes.

Es importante mencionar que las respuestas consignadas en estos registros se constituyen en un insumo fundamental en la medida en que permiten reconocer argumentos y explicaciones relacionados con: condiciones que hacen posible la descripción del estado de movimiento, su relación (del movimiento) con los sistemas de referencia, y su correspondencia con la organización

e interpretación del espacio. Evidenciado así los procesos de reflexión que surgieron al momento de acercarse al estudio de estas nociones (movimiento y sistemas de referencia), en relación con el espacio.

Igualmente, dentro de la dinámica de la actividad final, la construcción de representaciones esquemáticas (por medio del mapa mental o de ideas) permite dar cuenta de la manera en que los estudiantes organizaron sus interpretaciones y explicaciones en torno al espacio (considerando todo el recorrido conceptual que se hizo en el abordaje de la unidad). Además, este esquema también permite evidenciar las versiones conceptuales finales que fueron referidas a esta noción.

Además, la intención de esta estrategia de recolección de información —respuestas influenciadas por preguntas problema y la organización de diagramas— no es algo que se hace para pretender evaluar el nivel de precisión conceptual que tiene el estudiante al momento de referirse a un modelo explicativo en particular. Por el contrario, lo que se desea es analizar la manera en que, a partir de la construcción de explicaciones y representaciones, se configuran formas de interpretar y comprender tensiones conceptuales alrededor del espacio que se reflejan en asumir una postura reflexiva respecto al carácter de coexistencia de las distintas maneras de interpretar esta noción.

De este modo, los instrumentos de recolección de información no se conciben como herramientas externas al proceso de enseñanza, sino como parte estructural en el diseño de la unidad, en tanto permiten acceder a la forma en que los estudiantes interpretan, analizan y reconstruyen sus conocimientos, permitiendo consolidar también un insumo para el análisis del aporte de la propuesta al fortalecimiento de habilidades de pensamiento crítico al momento de abordar el estudio de esta noción —esto con la intención de dar respuesta a uno de los objetivos específicos que se proponen en este trabajo—.

Instrumentos de organización:

La estrategia adoptada para organizar la información tuvo como propósito estructurar un marco referencial que permitiera comprender cómo los estudiantes interpretaron, analizaron y explicaron la noción de espacio en consideración a los momentos propuestos y desarrollados dentro de la unidad didáctica.

Por esta razón, en un primer momento, se recurrió a una estrategia denominada *Redes Sistémicas*, como recurso para la organización y clasificación de la información. Debido a que se reconoce en este método un sistema “ordenador” que permite referenciar categorías generales para luego establecer patrones y tendencias. En esta línea, Teresa S. Gilsbert (1992), propone su método de Redes Sistémicas como una estrategia de clasificación basado en categorías definidas que se estructuran por medio de una red organizacional (esta representación se mostrará más adelante, con mayor detalle), estas categorías buscan representar y preservar, en todo momento, el contenido individual y la originalidad de las respuestas; pero al mismo tiempo, estructurar los argumentos de manera que se pueda evidenciar en las explicaciones dadas la toma de decisiones en contextos específicos (Gisbert, 1992).

Es importante dejar claro entonces, que con la ayuda de las Redes Sistémicas, no se pretende llevar a cabo el proceso de análisis frente al abordaje crítico de la noción de espacio, sino más bien, lo que se buscó fue organizar la información de una manera tal que permitiera, por un lado, reconocer generalidades en algunas de las respuestas obtenidas, sin excluir afirmaciones particulares; y por el otro, identificar explicaciones que surgieron de la propia práctica de las actividades propuestas.

Así entonces, una vez organizada la información en las redes, se procedió con el análisis de estas estructuras conceptuales —esta organización y este análisis se presentarán en el capítulo

siguiente—. De este modo, esta estrategia de sistematización articula la organización de la información, de manera tal que propicia un marco coherente para examinar cómo los estudiantes construyeron interpretaciones y significados, basándose en el contraste marcado por las tensiones conceptuales del espacio; al tiempo que refleja cómo se fortalecieron, de manera intrínseca, habilidades que en conjunto permiten adoptar posturas críticas frente al abordaje de esta noción.

CAPÍTULO 5

ORGANIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

Este capítulo de cierre tiene como intención organizar la información derivada de la implementación piloto de la unidad didáctica, con el propósito de analizar los resultados obtenidos y dar cuenta de dos aspectos principales. El primero de ellos se relaciona con la manera en que los estudiantes fortalecieron sus concepciones acerca de la noción de espacio a partir del desarrollo de las actividades propuestas en la unidad. El segundo aspecto busca contrastar cómo, en las formas de desarrollo, resolución y representación elaboradas por los estudiantes para abordar y solucionar cada una de las situaciones problema, se fueron manifestando habilidades de pensamiento crítico, permitiendo revisar el aporte de estas habilidades dentro de la configuración de las preguntas y situaciones planteadas en cada momento de la unidad.

De este modo, el contenido inicial de este capítulo permite reflejar el desarrollo de un proceso riguroso en la organización de la información mediante un sistema denominado Redes Sistémicas; el mismo permitió estructurar, a manera de categorías, los relatos y las respuestas construidas por los estudiantes en cada momento de la implementación. Por lo tanto, en estos apartados se presenta una explicación detallada de dicho proceso de sistematización, con la intención de brindar claridad acerca del origen y la construcción de estas estructuras organizativas, ya que las mismas serán la base referencial para el posterior análisis de resultados.

Así, una vez organizadas las redes sistémicas, se procederá con el análisis de los resultados obtenidos en la prueba piloto de la unidad didáctica, principalmente con la intención de evidenciar los aportes relacionados con la construcción o reconstrucción de concepciones acerca del espacio y en la relación que estas guardan con el fortalecimiento de habilidades de pensamiento crítico. De

este modo, se busca reflejar cómo los estudiantes transitaron a través de los tres momentos propuestos en la unidad, organizando progresivamente sus interpretaciones acerca del espacio. Lo anterior, en conjunto, se pretende que permita valorar e identificar todos los aspectos favorables, así como aquellos susceptibles de mejora dentro de la unidad didáctica.

Organización de la Información en las Redes Sistémicas

Con el propósito de explicar el proceso que se llevó a cabo para la organización de la información que derivó de la implementación de la unidad, a continuación se presenta la manera en la que fueron estructuradas las Redes Sistémicas que surgieron de las producciones de los estudiantes (esto en coherencia con la estrategia de sistematización descrita previamente en la metodología). Es importante considerar que, en este apartado, en un inicio se presentan de manera detallada los pasos a seguir para llevar a cabo el proceso de construcción de las redes; sin embargo, a medida que vayamos avanzando en la contextualización de su estructura, se omiten algunos pasos para la presentación de redes posteriores. Además, para dicha ejemplificación se toma como referencia la actividad diagnóstica y su desarrollo aplicado a los estudiantes de grado sexto, mismos que se distinguirán como el grupo 1.

En este orden de ideas, Gisbert (1992) señala que un primer momento en la construcción de las redes consiste en la elaboración de los *relatos breves*. Estos relatos se organizan mediante un esquema que se presenta a manera de recuadro y que está compuesto por tres elementos: el primero de ellos es la *condición*, el cual hace referencia a la pregunta que es formulada; un segundo elemento es la *afirmación*, el cual corresponde a la postura del estudiante frente a la pregunta (ya sea de aceptación “sí”, negación “no” o justificación “por qué”); y uno último, consiste en el *relato*,

entendido como la descripción o narración (tal cual la expresa el estudiante) que se presenta como respuesta a la pregunta.

A continuación, se presenta el esquema general que ilustra la organización de los relatos breves (Esquema 5.1). Seguido de la organización de los relatos breves obtenidos a partir de las respuestas dadas por los estudiantes del grupo 1 a la primera pregunta propuesta en la actividad diagnóstica.

Relato breve # — (<i>Título del relato</i>)
Condición (#) — (<i>Pregunta formulada</i>)
Código: • Estudiante (#): Afirmación (<i>postura</i>) / Relato (<i>respuesta del estudiante</i>)

Esquema 5.1. Cuadro para la construcción de relatos breves, propuesto por T. Gisbert (1992)
Elaboración propia

Entonces, para el caso del grupo 1, la primera pregunta (o condición) planteada en el desarrollo de la actividad diagnóstico fue la siguiente: “¿En la figura construida creen que es posible representar sus ideas acerca del espacio?; y las respuestas obtenidas son de tipo: “sí, porque se necesita espacio suficiente para crear la figura, por ejemplo la persona”, o “sí, cuando estábamos creando la figura decidimos en qué espacio iba cada pieza”, o también, “la figura está en un lugar donde queda espacio”. Por consiguiente, todas las respuestas proporcionadas por los estudiantes fueron organizadas en el siguiente recuadro (Esquema 5.2), que reúne los relatos breves obtenidos durante este instante de la implementación.

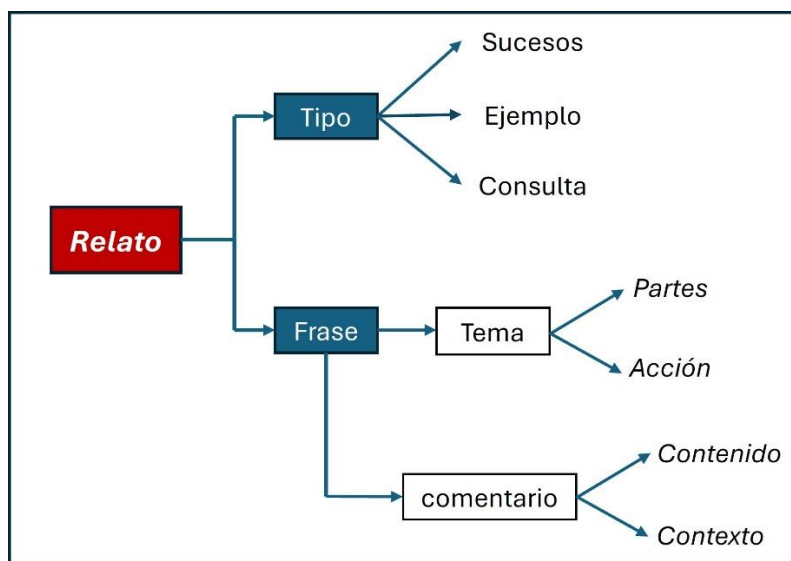
Relatos breves 1 — Primera pregunta, actividad diagnóstica, grupo 1
Condición (1): ¿En la figura construida creen que es posible representar sus ideas acerca del espacio? expliquen por qué
• Estudiante 1: Afirmación (<u>sí</u>) / Relato (<i>Se requiere de un espacio suficiente para poder crear una figura, por ejemplo la persona</i>) • Estudiante 2: Afirmación (<u>sí</u>) / Relato (<i>Cuando estábamos creando la figura decidimos en qué espacio iba cada pieza</i>) • Estudiante 3: Afirmación (<u>sí</u>) / Relato (<i>Porque el espacio es como si tuviera masa y en nuestra figura las piezas están llenas de masa</i>) • Estudiante 4: Afirmación (<u>sí</u>) / Relato (<i>Porque mi figura existe en el espacio</i>)

- Estudiante **5: Afirmación** (sí) / **Relato** (Porque tenemos espacio definido al construir (la figura), y también en la forma)
- Estudiante **6: Afirmación** (justificación) / **Relato** (En la figura que realizamos se pueden encontrar cosas (piezas) las cuales podemos tocar, agregar y quitar... lo cual se relaciona con el espacio en cosas y los lugares de esas cosas)
- Estudiante **7: Afirmación** (justificación) / **Relato** (La figura está en un lugar donde queda espacio)

Esquema 5.2. Relatos breves 1: grupo 1 — pregunta 1 (actividad diagnóstica)
Elaboración propia

Una vez completado el recuadro con los relatos breves, se procede con la construcción de las *Redes Sistémicas*, con la intención de categorizar y filtrar la información. Para Gisbert (1992), estas redes se deben estructurar a partir de dos categorías analíticas fundamentales que son: el TIPO, que alude a la naturaleza global del relato (sucesos, ejemplos o consultas), y las FRASES, entendidas como las unidades de contenido que componen cada relato.

Esta última, la categoría de FRASES, se orienta mediante dos interrogantes: “¿De qué trata?” y “¿Qué dice?”. La primera pregunta conduce a la identificación del *TEMA*, entendido como una subcategoría de entrada que, por lo general, se estructura en torno a partes y acciones; mientras que la segunda pregunta permite reconocer la subcategoría de *COMENTARIO*, la cual suele abordarse desde las perspectivas de contenido y contexto. Esta organización posibilita una lectura detallada en cuanto a las relaciones presentes en los discursos explicativos de los participantes (Gisbert, 1992). A continuación, se presenta el diagrama que ilustra la organización final de la Red Sistémica (Esquema 5.4).



Esquema 5.4. Esquema de red sistémica propuesto por T. Gisbert (1992)
Elaboración propia

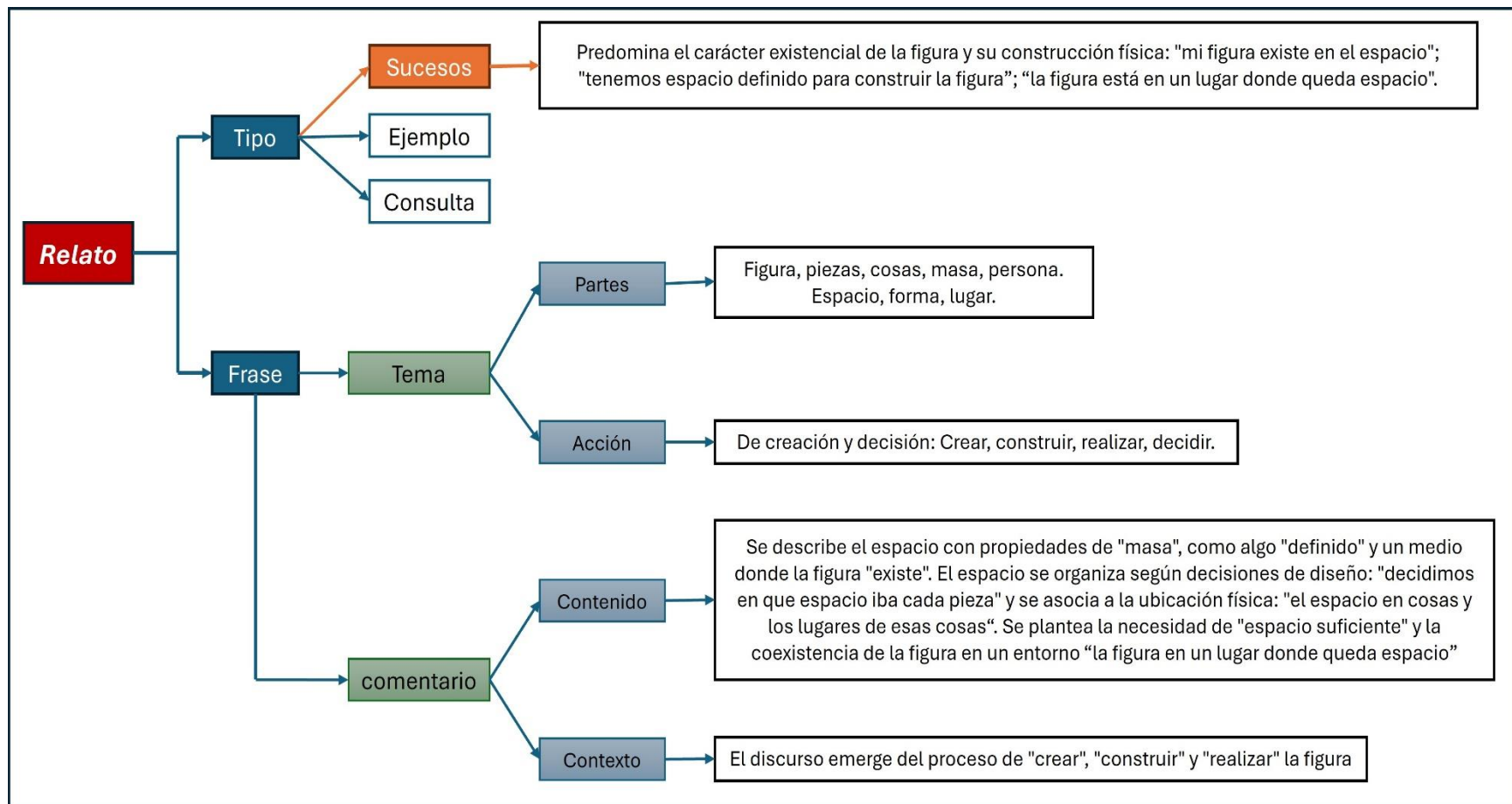
De esta manera se procede a presentar la red sistémica que surgió de organizar los relatos breves del grupo 1, respecto a la primera pregunta de la actividad diagnóstica⁷, y que se muestra en el esquema (Esquema 5.5).

En este orden de ideas, resulta valioso rescatar, nuevamente, cómo este tipo de *Red Sistémica* permite organizar la información de manera que sintetiza los aspectos generales de las respuestas, sin dejar escapar ningún aspecto particular de las mismas. De este modo, la red expuesta en el Esquema 5.5 permite reconocer, al menos, dos categorías relevantes que logran identificar las

⁷ Es importante mencionar que, para la organización de las redes sistémicas, se acudió al uso de herramientas de Inteligencia Artificial (IA) con el propósito de optimizar recursos y facilitar el procesamiento de los datos. Por esta razón, se utilizó la IA NotebookLM, a la cual se le asignó el siguiente prompt: “Teniendo en cuenta la organización de redes sistémicas, en el marco de la estructura propuesta por T. Gisbert (1992), y que se explica de manera detallada en el documento adjunto titulado “Herramienta de sistematización”. Deseo que organice la información, pasándola de los recuadros de relatos breves (que son las respuestas tal cual de los estudiantes, y que le voy a compartir para cada caso específico), a la estructura de redes sistémicas propuesta por Gisbert. Además, para generar cada red sistémica, tenga en cuenta, por favor, abstenerse de agregar sugerencias o comentarios extra que no tengan que ver con las respuestas de los estudiantes, es decir, la red solo debe contener la información derivada de los relatos breves y ser fiel a eso”.

Cabe resaltar que todas las redes elaboradas mediante esta herramienta fueron sometidas a una revisión rigurosa, con el fin de garantizar un emparejamiento adecuado entre los recuadros de relatos breves —organizados previamente y sin el uso de IA— y el diseño final de cada red sistémica.

formas en que los estudiantes del grupo 1 conciben inicialmente la noción de espacio y cómo la relacionan con el diseño de la figura. Ya que en la categoría de *sucesos* podemos notar cómo predomina “*una comprensión de espacio vinculada a la apariencia física y a la ubicación de la figura dentro de un lugar determinado*”, complementando con lo expuesto en la categoría de *contenido* donde “*el espacio se concibe como un medio físico definido que posibilita la ubicación, organización y coexistencia de los cuerpos [figura] dentro de un entorno determinado*”.



Esquema 5.5. Red sistémica: grupo 1 — pregunta 1 (actividad diagnóstica).
Elaboración propia

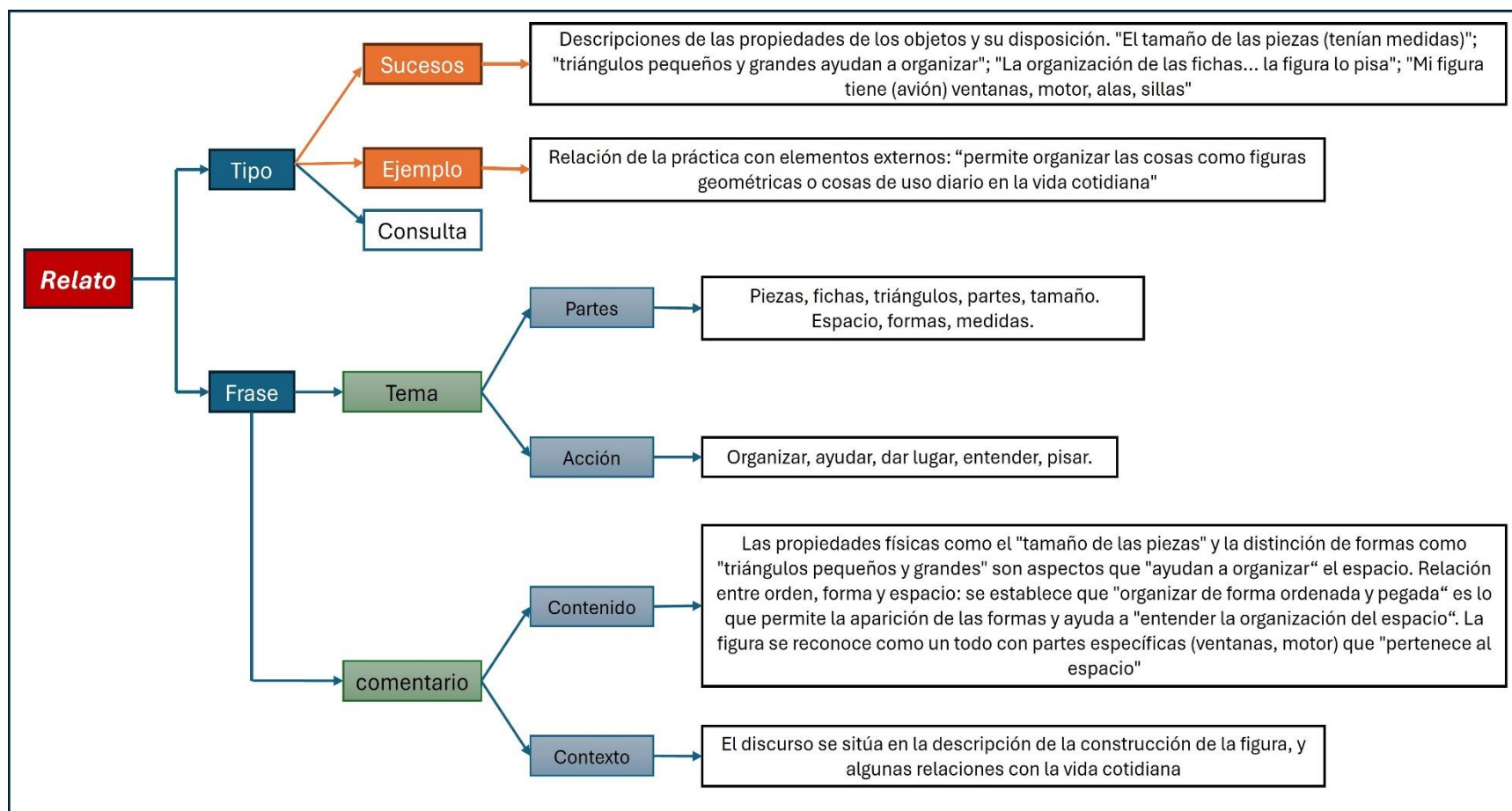
Con el fin de generar mayor claridad en la ejemplificación del proceso que se llevó a cabo para la organización de la información, a continuación se presenta el recuadro de relatos breves que surgió a partir de las respuestas dadas por los estudiantes del grupo 1 a la segunda pregunta que fue propuesta en la actividad diagnóstica (Esquema 5.6). —Además, se espera que, con lo expuesto hasta aquí, ya haya quedado claridad respecto a la manera en que surge la representación del recuadro de los relatos breves—.

Relatos breves 2 — Segunda pregunta, actividad diagnóstica, grupo 1
Condición (2): ¿Qué aspectos puntuales de la figura creen que les ayudaría a pensar y organizar sus ideas de espacio?
• Estudiante 1: Afirmación (justificación) / Relato (<i>El tamaño de las piezas (tenían medidas)</i>) • Estudiante 2: Afirmación (justificación) / Relato (<i>El lugar donde quedan los triángulos pequeños y grandes ayudan a organizar</i>) • Estudiante 3: Afirmación (justificación) / Relato (<i>Organizar de forma ordenada y pegada (las piezas) dan lugar a las formas</i>) • Estudiante 4: Afirmación (justificación) / Relato (<i>La figura y sus partes nos ayudan a entender la organización del espacio, poder organizar las cosas como figuras geométricas o cosas de uso diario en la vida cotidiana</i>) • Estudiante 5: Afirmación (justificación) / Relato (<i>La organización de las fichas en el espacio para organizar la figura, la figura lo pisa</i>) • Estudiante 6: Afirmación (sí) / Relato (<i>Porque mi figura pertenece al espacio</i>) • Estudiante 7: Afirmación (justificación) / Relato (<i>Mi figura (avión) tiene ventanas, motor, alas, sillas, con las fichas para organizar la figura y el espacio</i>)

Esquema 5.6. Relatos breves 2: grupo 1 — pregunta 2 (actividad diagnóstica)

Elaboración propia

Seguidamente, una vez organizado el recuadro con los relatos breves, se procedió con la construcción de la red sistémica con el propósito de identificar relaciones y tendencias conceptuales presentes en las respuestas de los estudiantes. El siguiente esquema (Esquema 5.7) presenta la red sistémica que surgió al momento de organizar los relatos breves del grupo 1, en consideración a la segunda pregunta de la actividad diagnóstica.



Esquema 5.7. Red sistémica: grupo 1 — pregunta 2 (actividad diagnóstica).
Elaboración propia

De esta manera, la red sistémica que aparece en el esquema 5.7 permite dar cuenta de los elementos a los que acude el grupo 1 para relacionar y organizar sus nociones iniciales de espacio. Para este caso en la categoría de *sucesos* se reconoce “*una relación entre las propiedades de los objetos y la organización del espacio, tales como el tamaño, la forma y la disposición de las piezas que orientan una representación espacial*”, mientras que en la categoría de *contenido* se evidencia que “*la figura es reconocida como una totalidad compuesta por partes específicas que ocupan un espacio determinado*”. Sin embargo, esta red también permite apreciar la categoría de *ejemplos* en la que “*se aprecian vínculos entre la organización espacial y, por ejemplo, figuras geométricas y objetos presentes en la vida cotidiana*”.

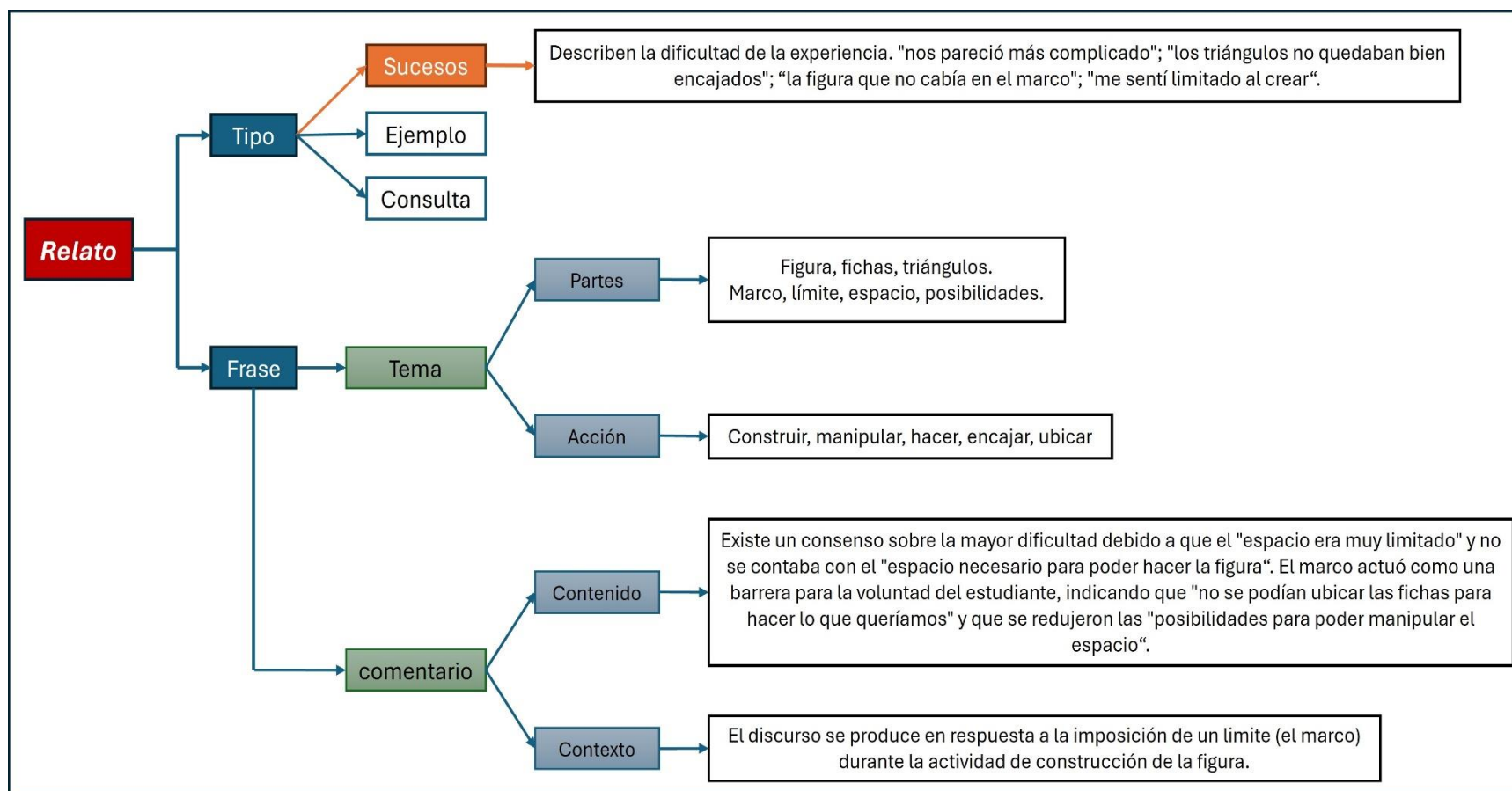
Para finalizar con una ejemplificación detallada del proceso de estructuración de las redes sistémicas, se continuará con la presentación del recuadro correspondiente a los relatos breves que surgieron de formular la tercera pregunta de la actividad diagnóstica y a las respuestas que surgieron del grupo 1. Posteriormente, para las preguntas siguientes, únicamente se expondrán las redes sistémicas obtenidas de cada proceso organizacional; esto se debe a que el volumen de información generado por este tipo de diagramas es bastante extenso. Sin embargo, es importante dejar claro que este contenido —recuadros de relatos breves, para cada conjunto de respuestas que se derivaron alrededor de las preguntas generadas tanto en la actividad diagnóstica como en la Unidad Didáctica— se encuentra expuesto de manera completa y detallada en el Anexo 3.

A continuación, se presenta el recuadro de relatos breves (Esquema 5.8) que surgió al momento de organizar las respuestas del grupo 1 frente a la tercera pregunta propuesta en la actividad diagnóstica.

Relato breve 3 — Tercera pregunta, actividad diagnóstica, grupo 1
Condición (3): ¿Les resultó más fácil o más difícil construir la figura teniendo el marco [del tangram] como condición? ¿Por qué?
• Estudiante 1: Afirmación (justificación) / Relato (<i>Nos pareció más complicado ya que no tenemos más posibilidades para poder manipular el espacio, hay menos espacio</i>) • Estudiante 2: Afirmación (justificación) / Relato (<i>Resultó algo difícil ya que los triángulos no quedaban bien encajados</i>) • Estudiante 3: Afirmación (justificación) / Relato (<i>Difícil cuando teníamos una figura que no cabía en el marco</i>) • Estudiante 4: Afirmación (justificación) / Relato (<i>Nos pareció muy difícil porque el espacio era muy limitado</i>) • Estudiante 5: Afirmación (justificación) / Relato (<i>Me pareció más difícil porque no tenía el espacio necesario para poder hacer la figura</i>) • Estudiante 6: Afirmación (justificación) / Relato (<i>Nos pareció más difícil porque no se podían ubicar las fichas para hacer lo que queríamos</i>) • Estudiante 7: Afirmación (justificación) / Relato (<i>Más difícil porque me sentí limitado al crear la figura</i>)

Esquema 5.8. Relatos breves 3: grupo 1 — pregunta 3 (actividad diagnóstica)
Elaboración propia

En consecuencia, esta organización de los relatos breves posibilita la construcción de la respectiva red sistémica, la cual pretende hacer visibles las relaciones y tendencias que emergieron de las respuestas anteriores. Por lo tanto, en el siguiente esquema (Esquema 5.9) se presenta la organización de la red sistémica que surgió para el caso de la tercera pregunta de la actividad diagnóstica (grupo 1). De esta red, se pueden concluir las siguientes interpretaciones: en la categoría de *sucesos* es posible apreciar cómo los estudiantes “*acusan dificultades en la construcción de la figura vinculadas con el anclaje y la organización de las piezas que a la vez se asocia con la limitación del espacio disponible*”, en este sentido, en la categoría de *contenido* se percibe como “*el marco es interpretado como una restricción para la organización y manipulación de las piezas, limitando las posibilidades en la construcción de la figura y manipulación del espacio*”.



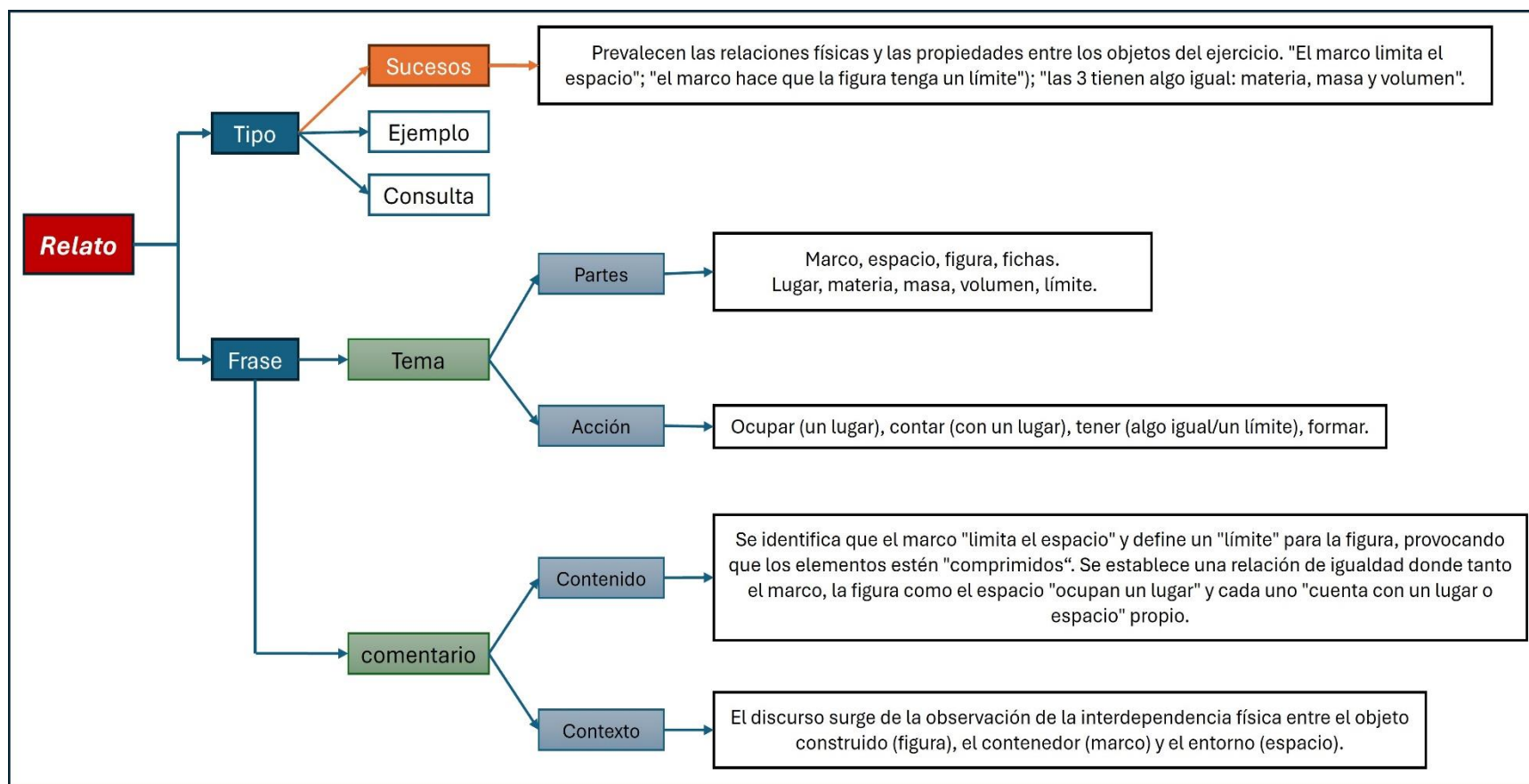
Esquema 5.9. Red sistémica: grupo 1 — pregunta 3 (actividad diagnóstica).
Elaboración propia

Con la intención de concluir esta ejemplificación acerca del proceso de construcción de las redes sistémicas —tomando como referencia la actividad diagnóstica aplicada al grupo 1—, a continuación se presentan las últimas tres redes sistémicas que hacen referencia a las preguntas finales que fueron propuestas en dicha actividad. Cabe recordar que, como se mencionó en párrafos anteriores, los recuadros correspondientes a los relatos breves, por carácter de extensión, ya no serán incluidos en este apartado, pero estos pueden encontrarse de manera organizada, con su respectiva correspondencia de red sistémica, en el Anexo 3.

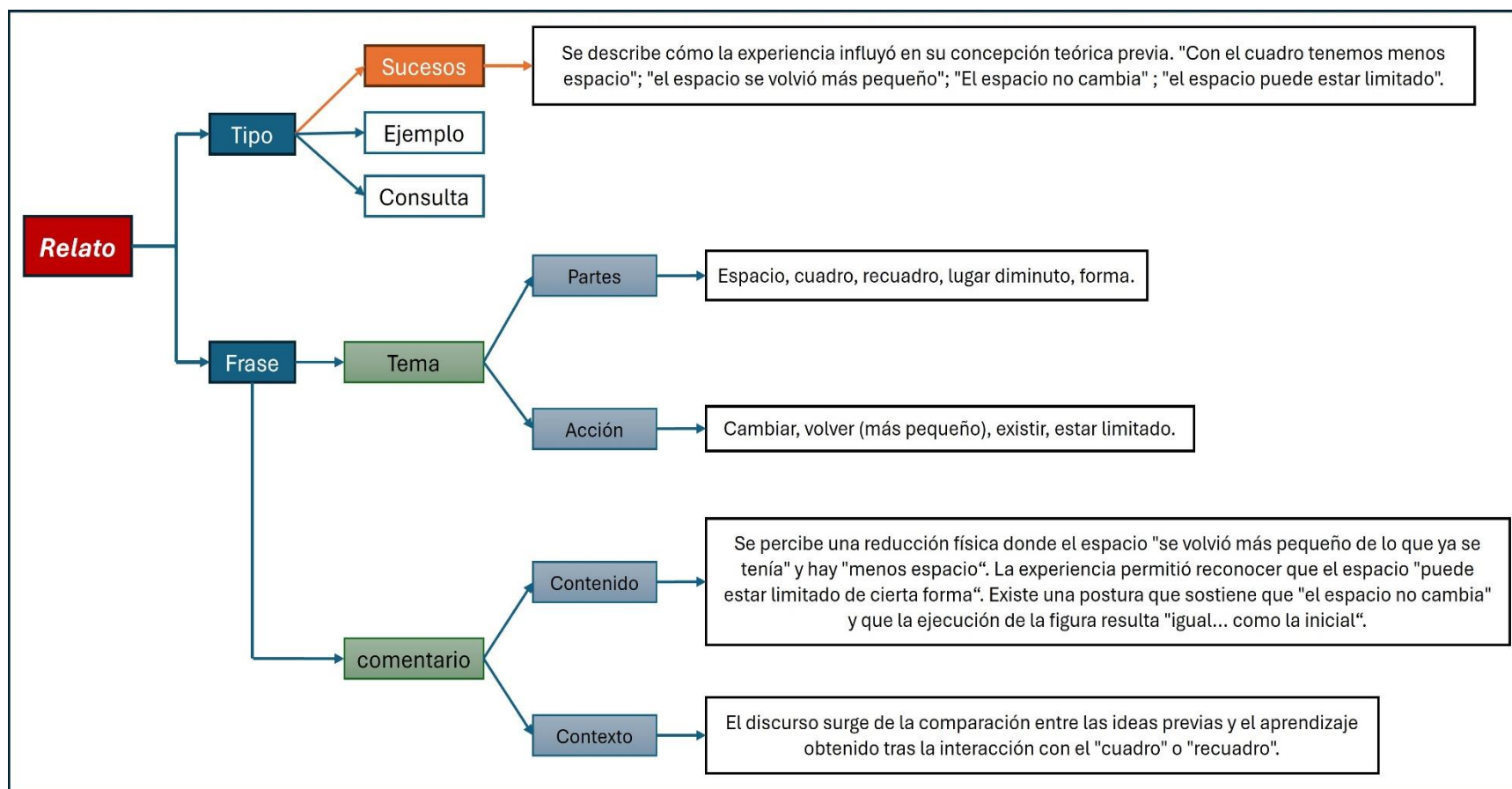
De esta manera, la cuarta pregunta propuesta en la actividad diagnóstica fue: ¿Qué relación encuentran entre la figura, el marco que la limita y el espacio? Las respuestas se sistematizaron y organizaron en la red sistémica que se presenta en el Esquema 5.10.

La quinta pregunta consistió en la siguiente formulación: ¿Después de esta experiencia, cambió en algo sus ideas iniciales acerca del espacio? La red sistémica correspondiente a la organización de estas respuestas es presentada en el Esquema 5.11.

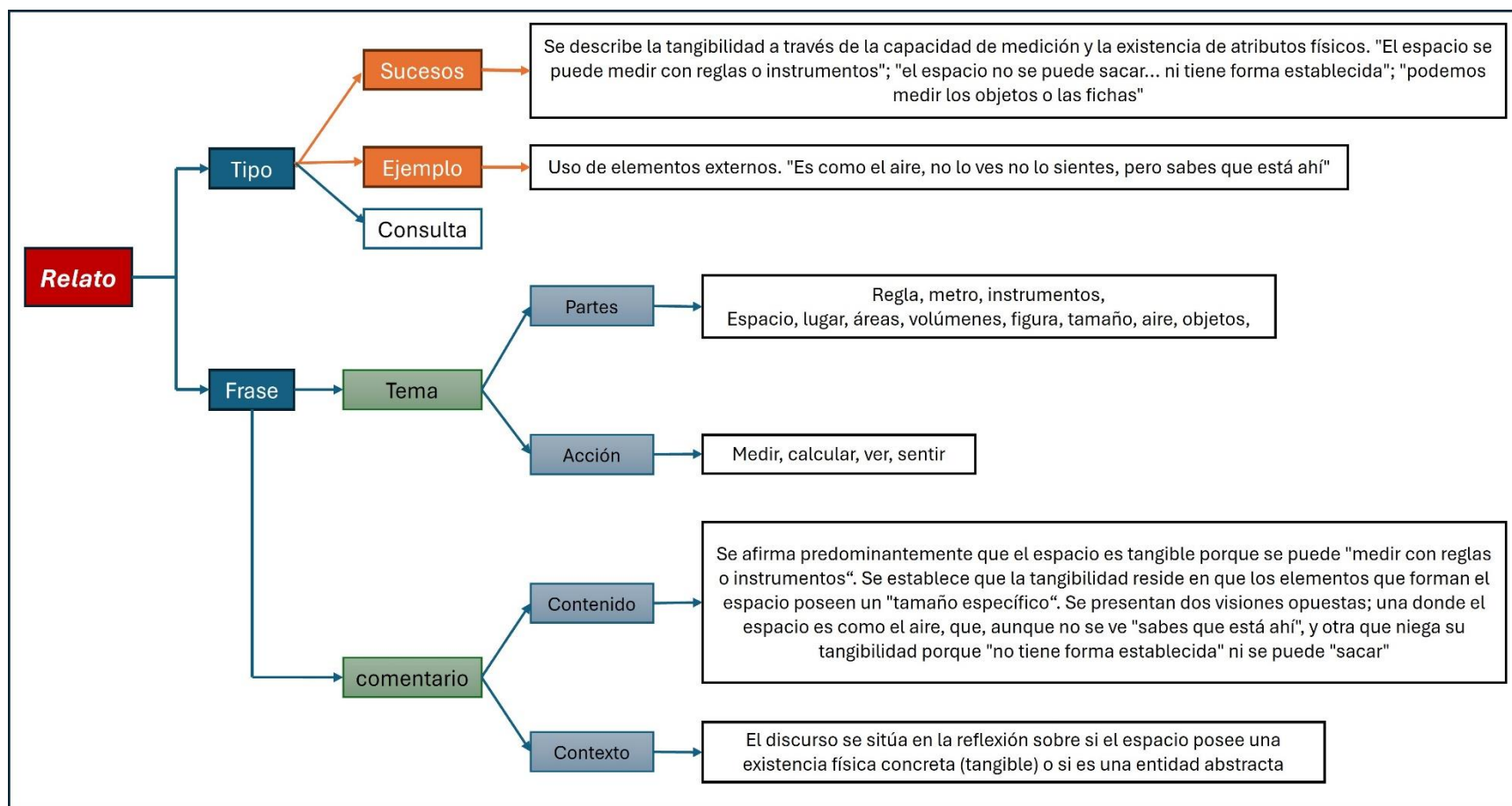
Finalmente, la sexta pregunta de la actividad fue: ¿Consideran que el espacio al que se refirieron en [las explicaciones de] los momentos anteriores es algo tangible, es decir, es una entidad que posee características medibles o comparables? La red sistémica asociada a la organización de las respuestas se presenta en el Esquema 5.12.



Esquema 5.10. Red sistémica: grupo 1 — pregunta 4 (actividad diagnóstica).
Elaboración propia



Esquema 5.11. Red sistémica: grupo 1 — pregunta 5 (actividad diagnóstica).
Elaboración propia



Esquema 5.12. Red sistémica: grupo 1 — pregunta 6 (actividad diagnóstica).
Elaboración propia

De esta manera, el análisis conjunto de estas últimas tres redes sistémicas permite identificar aspectos más generales en cuanto a las ideas iniciales que tienen los estudiantes del grupo 1 con relación a la noción de espacio. Asimismo, este ejercicio final muestra con mayor claridad el valor organizativo y sistematizador que subyace en la estructuración de las redes sistémicas, pues para establecer las siguientes conclusiones no es necesario retomar de manera individual el contenido de cada red, sino que, por el contrario, estas pueden analizarse de manera articulada y relacional, permitiendo establecer conclusiones más generales de manera clara, sintética y coherente.

Así, a partir del análisis de las redes anteriores, se pueden establecer algunas relaciones conceptuales en consideración a las respuestas de los estudiantes, evidenciado que, en general, estos fundan una correspondencia directa entre el espacio y las propiedades físicas de los cuerpos, que se refleja en categorías como *comentarios*, al establecer que “*tanto los objetos, como el espacio, son comprendidos como entidades que ocupan un lugar, tienen extensión y poseen características asociadas a la ocupación y organización dentro de un entorno dado*”. Además, algunos estudiantes reconocen que “*modificar las condiciones [del marco del tangram] restringe las posibilidades de construir la figura, permitiendo identificar el espacio como una entidad susceptible de ser delimitada*”.

Finalmente, una de las interrogantes que mayor tensión genera en el desarrollo de la actividad diagnóstica es aquella relacionada con el carácter tangible, o no, del espacio. En este sentido, en categorías como *sucesos y contenido*, se identifican posturas que van desde aquellas que consideran “*la tangibilidad del espacio a partir de la posibilidad de ser medido y caracterizado en consecuencia de las dimensiones de los objetos*” extrapolando incluso a *ejemplos*, tales como, que “*es como el aire, no lo vemos pero sabemos que está ahí*”; hasta otras posturas un poco más reflexivas, donde se concibe “*el espacio como algo invariante de fondo, que no cambia bajo las*

distintas condiciones que se desarrollan en la actividad". En este sentido, se describe como "*una entidad sin forma definida*", lo que permite cuestionar precisamente su carácter tangible.

El desarrollo del ejercicio anterior —orientado a detallar el paso a paso en la organización y estructuración de las Redes Sistémicas— tenía, primordialmente, dos intenciones. La primera de ellas era brindar la mayor claridad posible al lector acerca de cómo surgen este tipo de estructuras, partiendo desde la organización de los relatos breves hasta la posterior organización de categorías que permiten dar cuenta tanto de aspectos generales, presentes en las explicaciones de los estudiantes, como de aquellos elementos particulares que no se pueden dejar de lado al reconocer la diversidad de explicaciones en algunas de las respuestas. Y, en segundo lugar, se pretendía definir el uso y propósito que tienen estas redes dentro del contexto del presente trabajo, pues, como se ha podido apreciar hasta aquí, las mismas permiten analizar las respuestas de los estudiantes de manera estructurada, organizada y coherente. De este modo, las redes han posibilitado —por ahora— reconocer las ideas iniciales que se configuran en el grupo 1 en relación con la noción de espacio.

Con el propósito de comenzar a cerrar este apartado, a continuación se presentarán las conclusiones que derivaron a partir de las respuestas de los estudiantes del grupo 2 tras la implementación de la actividad diagnóstica, permitiendo identificar sus posturas iniciales en torno a la interpretación del espacio. Para, finalmente, elaborar un cuadro comparativo que permita evidenciar las ideas iniciales configuradas tanto en el grupo 1 como en el grupo 2 y lograr así establecer similitudes y diferencias entre estos.

Es válido mencionar que las conclusiones que se presentan a continuación —en consideración de la organización de las respuestas obtenidas del grupo 2— surgen a partir de la estructuración de las redes sistémicas correspondientes a cada uno de los recuadros de relatos breves que surgieron

de organizar las respuestas de los estudiantes al abordar el desarrollo de dicha actividad. No obstante, de aquí en adelante, y debido al carácter extensivo que representa la ilustración de este tipo de redes, estas se presentan de forma organizada y detallada a manera de anexos (Anexo 3).

Implementación de la Actividad Diagnóstica en el grupo 2

En cuanto a la implementación de la actividad diagnóstica en el grupo 2 —que se encuentra conformado por estudiantes en fases introductorias de formación en la Licenciatura en Física—, pueden referenciarse las siguientes interpretaciones en torno a sus ideas iniciales sobre la noción de espacio, que son guiadas por las respuestas que fueron surgiendo en el desarrollo de dicha actividad. Por lo tanto, en cuanto a la relación que era posible establecer entre la figura construida y sus ideas de espacio, se encontró que *“el espacio se concibe como una entidad amplia y contenedora, en donde los objetos [figura construida] existen y se ubican”* al mismo tiempo que *“posibilita relaciones entre los cuerpos [Fichas] que contiene, como la distribución y el movimiento”*. Además, al espacio se le atribuyen cualidades como *“la capacidad de adoptar distintas formas y contener todo aquello que existe”*, por ende, se asocian propiedades físicas medibles como *“tamaño y volumen”*.

Por otro lado, se encuentra que cuando se avanza a la implementación del marco del tangram —para condicionar la construcción de la figura— el marco se reconoce como *“un nuevo espacio, que funciona como base y soporte para la disposición de la figura, estableciendo límites y condiciones de ubicación”*, sin embargo, de fondo se concibe un *“espacio que conserva sus componentes aun cuando existen restricciones o superposiciones entre ellos [figura, marco y espacio]”*.

Finalmente, frente al carácter tangible del espacio —al que se referían los estudiantes durante el desarrollo de los momentos de la actividad diagnóstica—, este grupo también adoptó posturas separadas. Por un lado el espacio es considerado tangible en la medida que *“puede ser percibido, medido y organizado a partir de las características de los objetos presentes en él* [como las fichas del tangram]”; mientras que, por otro lado, se asigna al espacio un carácter *“inmensurable e intangible que no es posible de caracterizar”* y que sólo resulta posible de comprender mediante *“los elementos [objetos] que percibimos con nuestros sentidos”* afirmando que *“lo tangible está en el espacio, y es eso lo que podemos caracterizar, pero el espacio [en sí] no”*.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo que sintetiza las concepciones iniciales acerca del espacio identificadas en los dos grupos de implementación, destacando las distintas interpretaciones que surgieron a partir de la práctica diagnóstica.

Aspectos Relevantes	Grupo 1	Grupo 2
<i>Concepción de espacio</i>	Se comprende como un medio físico definido que permite ubicar, organizar y coexistir cuerpos [fichas] en un entorno. Se asocia a la apariencia física y ubicación de la figura.	Se concibe como una entidad contenedora donde los objetos existen y se ubican. Se le atribuye la capacidad de adoptar distintas formas y contener todo lo que existe.
<i>Restricción con el marco del tangram</i>	Se interpreta como una restricción o limitación para manipular y organizar las piezas. Se identifica con una entidad que se asocia con la delimitación del espacio.	Se reconoce como un nuevo espacio que sirve de base y soporte, estableciendo límites en la ubicación [de las fichas]. Sin embargo, de fondo el espacio conserva sus propiedades.
<i>Carácter tangible del espacio</i>	Se divide entre la tangibilidad (medible según las dimensiones y propiedades de los objetos) y una postura reflexiva, donde es un fondo invariante sin forma definida.	Se divide entre considerarlo tangible (percibido y organizado por los objetos) e intangible, donde su mensurabilidad solo es caracterizada por los objetos que se logran apreciar con los sentidos.

Cuadro comparativo de las concepciones iniciales acerca del espacio, entre el grupo 1 y 2
Elaboración propia

Aportes de la Actividad Diagnóstica a la propuesta de Unidad Didáctica

El desarrollo de la Actividad Diagnóstica, tanto en el grupo 1 como en el grupo 2, resultó ser bastante favorable, en la medida en que aportó significativamente al reconocimiento de las ideas previas que tenían los estudiantes con relación a la noción de espacio.

En este sentido, resulta importante destacar cómo, basándonos en el apartado anterior, los estudiantes tienen una concepción de espacio como una entidad previa e independiente de la existencia de los cuerpos; en la que el espacio es entendido como un contenedor donde los cuerpos pueden ubicarse, ocupar un lugar y desplazarse —reflejando una postura muy cercana al pensamiento aristotélico—. Sin embargo, a diferencia de esta misma línea de pensamiento (aristotélica), los estudiantes sí reconocen la posibilidad de la existencia de un espacio vacío, pues, como se aprecia en algunas de las conclusiones de sus respuestas, ante un escenario hipotético donde todos los cuerpos desaparezcan, el espacio continuaría existiendo, conservando sus características de contenedor inmensurable.

Es interesante también la manera en que los estudiantes le atribuyen características medibles al espacio, a partir de las relaciones que establecen con las propiedades tangibles y comparables de los cuerpos. Al mismo tiempo, es destacable cómo estos conciben una posible delimitación del espacio, la cual, más que asociarse a un límite propio del espacio (“inmensurable”), es posible vincularla con la noción de “*lugar*” introducida por Aristóteles en sus interpretaciones acerca del espacio —como el contorno que delimita la composición material de cada cuerpo—.

Por otro lado, la actividad diagnóstica también permitió reconocer la manera en que los estudiantes abordan y se relacionan con este tipo de propuestas, las cuales involucran acciones relacionadas con el trabajo colaborativo, la manipulación de materiales y las formas de debate, de argumentación y de consensuar ideas para llevar a cabo la articulación de respuestas coherentes.

Todo ello dejó evidenciar las dinámicas de colaboración y participación colectiva presentes en los estudiantes durante el desarrollo de la actividad.

Lo anterior, en conjunto, permitió, en primer lugar, tener claridad sobre el punto de inicio en la conceptualización del espacio de la que se parte con cada grupo —que, de hecho, es muy valioso dar cuenta que guardan gran similitud—, lo cual resulta relevante para reforzar los discursos posteriores, principalmente los que están relacionados con formulaciones propias que invitan a poner en tensión las ideas de espacio como un contenedor absoluto. Pero además, también permite identificar de qué maneras las actividades pueden ser abordadas, en términos de la formulación de preguntas o del planteamiento de procedimientos, de modo que se fortalezcan las maneras en que los estudiantes se sienten cómodos al momento de desarrollar este tipo de prácticas.

De este modo, la unidad encuentra un punto de partida para, desde allí, promover procesos de tensión, cuestionamiento y reflexión alrededor de la noción de espacio, favoreciendo que los estudiantes tengan una reconstrucción conceptual progresiva hacia una interpretación más crítica del espacio.

Resultados de la Implementación Piloto de la Unidad Didáctica

Para la presentación de las respuestas o resultados que derivaron de la implementación de la prueba piloto de la unidad, se retoman las estructuras organizativas relacionadas con las redes sistémicas como base para la sistematización de la información. Sin embargo, como se mencionó en apartados anteriores, debido al extenso volumen que representa evidenciar este tipo de estructuras (las redes), estas se incluyen como anexos, debidamente organizados y relacionados en el Anexo 3.

Es importante mencionar que, para la presentación de la información resultante de la implementación, las redes sistémicas —en las que se muestran las categorías que organizan las

respuestas dadas por los estudiantes para cada caso— serán referenciadas en función del número de *relato breve* correspondiente (por ejemplo, “Red sistémica — Relatos breves 7”). Esto con el propósito de dar contexto y coherencia a las conclusiones interpretativas que se van configurando respecto a las explicaciones y justificaciones de los resultados.

También se debe recalcar que —si se presta atención a la organización de las redes— la posibilidad de análisis que ofrece este tipo de estructuras es bastante amplia en términos de sus categorías. No obstante, en el desarrollo de este trabajo se referenciarán primordialmente la categoría de *sucesos*, en algunos casos la categoría de *ejemplo* y la categoría de *contenido*, ya que las mismas fueron las que mayor contenido significativo aportaron a lo largo del diseño de las redes. Lo anterior no significa que las demás categorías no sean importantes, sino que se evidencia que estas describen de manera mucho más minuciosa las “partes” y “acciones” que estructuran el mismo relato que se encuentra presente en las categorías previamente mencionadas.

Por último, antes de iniciar con la presentación de los resultados, es igualmente relevante mencionar que se seleccionaron algunas de las preguntas propuestas en el marco de las actividades propuestas. Esta selección se hizo debido a su pertinencia y capacidad para movilizar reflexiones vinculadas al movimiento y su relación con la interpretación del espacio, en concordancia con los objetivos planteados. En este sentido se privilegiaron aquellas preguntas que permitían evidenciar cómo los estudiantes progresaron en sus interpretaciones y explicaciones frente a situaciones problematizadoras que involucran esta noción (de espacio), al tiempo que permiten seguir procesos asociados al análisis y reflexión de dicho abordaje desde una postura crítica.

Actividad 1 — Unidad Didáctica. “Entre pistas y recorridos”.

Para la presentación de la información que derivó de esta actividad, luego de la intervención en los dos grupos, se consideró pertinente analizar las respuestas o explicaciones que surgieron de las siguientes preguntas: I) ¿Qué elementos, estrategias o recursos consideran que resultaron más determinantes para mantener la orientación durante el recorrido [en la búsqueda del tesoro]? II) ¿Qué nivel de importancia le atribuyen a los símbolos y a la referencia de objetos, presentes en el mapa, para alcanzar el objetivo final? III) Si carecieran de un sistema de referencia, ¿cómo harían para organizar y transmitir las indicaciones que permitan guiar un recorrido u orientar un desplazamiento dentro del mapa? Y, por último, IV) ¿Cómo podrían justificar de manera clara y concreta, en ausencia de un sistema de referencia tangible, que realmente están en movimiento?

Con estas preguntas se pretende identificar la manera en que los estudiantes organizan y describen el desplazamiento de un cuerpo en un entorno determinado, así como el vínculo directo que encuentran con la necesidad de establecer un sistema de referencia que permita dar cuenta de dichos desplazamientos de una manera precisa.

De esta manera, para el caso del grupo 1 (que son los estudiantes de grado sexto), al enfrentarse a este tipo de preguntas —generadas en el contexto problema del diseño y aplicación del mapa—, surgieron las siguientes reflexiones al respecto, “*las pistas, las orientaciones y algunos elementos que contenían símbolos fueron útiles durante el recorrido*”, en este sentido referencias como “*los árboles, las canecas, las rejas y la rosa de los vientos*” fueron interpretados como “*objetivos claros y conocidos que ayudaban a guiar [el recorrido] en el mapa*”. Además, el grupo también reconoce la importancia de estos símbolos para orientar los desplazamientos, pues se señala que sin ellos

*“sería imposible guiarse u orientarse en el mapa”, ya que los símbolos permiten “aclarar sitios e identificar dónde queda cada lugar” para que finalmente “permitieran encontrar el tesoro”*⁸.

En cuanto a las preguntas finales de la actividad, las respuestas establecen una relación directa entre la ausencia de elementos que funcionen como sistema de referencia y la dificultad de guiar con éxito un recorrido. En este sentido se afirma que sin estos elementos referentes sería *“muy difícil o casi imposible”* orientarse, debido a que *“cambiaría demasiado [la manera de desplazarse] y no podríamos ubicar las pistas”*⁹. Y respecto a la pregunta que genera mayor tensión en la actividad —cómo explicar de manera clara y coherente el estado movimiento—, se establecen reflexiones como las siguientes, *“no es posible establecer el movimiento a partir de un solo cuerpo sino que se requiere de dos cuerpos [o más]”* ya que así podemos notar *“cuando nos acercamos o alejamos de un cuerpo”*, citando incluso, ejemplos como *“ubicar un peluche frente mío y desplazarme hacia atrás”* es así como se podría reconocer que hay un movimiento¹⁰.

Ahora, separadamente, para generar el contraste de posturas, presentaremos las respuestas o explicaciones que fueron elaboradas por el grupo 2 (estudiantes de la Lic. en Física) frente al abordaje de esta actividad. De esta manera, en cuanto a los cuestionamientos iniciales, se afirma que *“los símbolos, la representación gráfica del mapa y elementos como las materas [de las plantas], las escaleras o los murales”* son fundamentales al momento de orientar el recorrido en el mapa; asimismo, se distingue que *“reconocer objetos en las pistas”* permitió *“ubicarse de mejor manera para encontrar el tesoro”*¹¹.

⁸ Estas respuestas se referencian de la Red sistémica—Relatos breves 13 y Red sistémica—Relatos breves 14

⁹ Estas respuestas se referencian de la Red sistémica—Relatos breves 15

¹⁰ Estas respuestas se referencian de la Red sistémica—Relatos breves 16

¹¹ Estas respuestas se referencian de la Red sistémica—Relatos breves 17 y Red sistémica—Relatos breves 18

En cuanto a la relevancia de los objetos o símbolos para la organización de los desplazamientos, los estudiantes del grupo 2 concuerdan en que “*sin estos puntos de referencia no nos podríamos orientar*”, considerando que la transmisión de indicaciones se vuelve “*compleja y difícil*”; por esta razón, cuando estos elementos desaparecen, sería “*casi imposible*” definir un desplazamiento. Frente al interrogante final, los estudiantes proponen que “*es necesario crear, definir o [incluso] imaginar*” un punto inicial el cual funcione como referencia guía para orientar el movimiento; por esta razón se requiere el uso de referencias previamente “*acordadas y aceptadas*”¹² por quienes participan en la experiencia para llegar a consensos respecto al estado de movimiento.

En vista de lo anterior, se puede afirmar que se avanza de manera favorable en la intención que se tenía con la formulación de estas preguntas —y de la actividad en sí— la cual consistía en orientar a los estudiantes hacia una postura reflexiva que les permitiera identificar la importancia de referenciar el entorno, mediante símbolos o señales, de manera tal, que se avanzara en reconocer a los elementos y objetos como parte de la organización de un entorno espacial. Al mismo tiempo, se reconoce que las preguntas propuestas también logran promover una reflexión en torno al espacio, particularmente al comprenderlo como una noción que emerge de la vivencia local y que se encuentra directamente relacionado con los cuerpos o elementos del entorno. Esto permite discutir tensiones interpretativas que guían la introducción de la siguiente actividad, primordialmente en relación con la necesidad de establecer una configuración de sistema de referencia, externa a los cuerpos, que posibilite describir de una manera precisa el movimiento de un cuerpo.

¹² Estas respuestas se referencian de la Red sistémica—Relatos breves 19 y Red sistémica—Relatos breves 20

Para concluir con la presentación de los resultados obtenidos de esta actividad —aclarando que el análisis posterior, en relación con los enfoques tanto disciplinar como crítico, se desarrollará en el apartado siguiente—, se procederá a presentar un cuadro comparativo que permite sintetizar la información previamente presentada, tal que, se logre evidenciar tanto los aspectos más relevantes, que surgieron sobre la reflexión y tensión alrededor de la noción de espacio, como las similitudes y contrastes que se presentaron entre los dos grupos.

Aspectos Relevantes	Grupo 1	Grupo 2
<i>Elementos determinantes para la orientación</i>	Se centran en objetos físicos y concretos del entorno como árboles, rejas y la rosa de los vientos.	Se destaca la representación gráfica del mapa, los símbolos (como las materas) y las estructuras, como escaleras o murales.
<i>Importancia de los símbolos</i>	Se interpretan como objetos tangibles que permiten aclarar sitios e identificar lugares.	Se considera que son fundamentales para “ubicarse” y guiar el recorrido de manera efectiva.
<i>Tensión ante la ausencia de sistemas de referencia</i>	Se considera que es “imposible” guiarse ante la ausencia de referentes, cambiando drásticamente la manera de desplazarse.	Se coincide en que sería “casi imposible” de definir desplazamientos, pues la transmisión de indicaciones se tornaría compleja.
<i>Justificación del movimiento</i>	El movimiento se explica mediante la relación física (de acercamientos o alejamientos) entre cuerpos.	El movimiento se justifica mediante convención, definiendo un punto inicial (tangible o imaginado) que sea consensuado y aceptado.

Cuadro comparativo de los resultados obtenidos luego del abordaje de la actividad 1
Elaboración propia

Actividad 2 — Unidad Didáctica. “¿Estamos quietos o en movimiento?”.

En esta actividad se priorizó el análisis de las respuestas y explicaciones que resultaron de formular las siguientes preguntas: I) ¿En qué condiciones consideran que es válido afirmar, desde una perspectiva coherente, que el cuerpo [estudiante] sí ha experimentado un movimiento? II) ¿Qué

elementos, tangibles o no, consideran que son indispensables para lograr describir el movimiento de forma clara y objetiva? III) ¿Qué diferencias es posible establecer, de manera experimental, entre el reposo y el movimiento cuando el sistema de referencia se mueve junto al cuerpo observado? IV) ¿Qué relación encuentran entre la descripción del movimiento, las condiciones propias de la medición y la organización de una estructura externa a los cuerpos que guíe la medición? V) ¿Hasta qué punto la introducción de un sistema de referencia privilegiado, como el espacio absoluto, permite una descripción más precisa del movimiento o excede lo que la experiencia puede justificar?

Estas preguntas fueron seleccionadas en tanto permiten profundizar en la problematización del movimiento, al reconocer que las condiciones de observación y medición dependen de un sistema de referencia estable (en reposo). En este sentido, se busca tensionar la dependencia de los referentes físicos para describir el movimiento y la posibilidad de introducir estructuras más estables para la caracterización de dicho fenómeno, como, por ejemplo, la noción de espacio absoluto.

Cabe señalar que los resultados que se mostrarán a continuación corresponden únicamente al grupo 2 (estudiantes de Lic. en física), ya que debido a dificultades con la continuidad del proceso de implementación concernientes al grupo 1, con este último se llegó hasta la ejecución de la actividad anterior. —Esto, en parte, es lo que orienta la presente implementación en un marco de prueba piloto—.

Por lo tanto, en términos generales, las respuestas elaboradas por el grupo 2, permitieron identificar aspectos como: que el movimiento puede comprobarse a partir del cambio de ubicación y de la posibilidad de corroborarlos estableciendo mediciones respecto a un sistema de referencia, pues se afirma “*que existe movimiento [del estudiante] cuando presenta una distancia recorrida o*

cambia de perspectiva respecto al sistema de referencia [cono]” y que estas diferencias son posibles de notar al momento de “hacer la medición con el palo o caucho [instrumento de medida] respecto a la posición inicial y la posición final”¹³. Lo que permite concluir que el movimiento se relaciona con el aumento de la distancia medida respecto a un sistema de referencia inicial.

Respecto a los elementos que los estudiantes consideran fundamentales e invariantes para proceder en la descripción del movimiento, se establece que esto depende de la existencia de “*un punto de referencia fijo [cono]” y de un “objeto [instrumento] de medida” que permitan organizar estos desplazamientos. En este sentido consideran que “el sistema de referencia se asume como el punto inicial [cono] que debe permanecer invariante y no debe cambiar nunca”, debido a que, de la “estabilidad [reposo]” de este punto depende una “medición exacta”¹⁴ que permita establecer el movimiento.*

En cuanto a la tercera pregunta, en la que se desea profundizar en las interpretaciones adelantadas por los estudiantes acerca de las maneras de diferenciar entre el movimiento y el reposo, cuando el sistema de referencia no es fijo. Los estudiantes afirman que “*debido a que el punto de referencia [cono] tiene el mismo desplazamiento que el estudiante, no existen diferencias claras” para poder establecer el movimiento o reposo del cuerpo. En este sentido reconocen que hay una dificultad en la distinción de estos fenómenos (reposo y movimiento). Lo que da paso a introducir un factor “indispensable” en la descripción del movimiento, que es la necesidad de un punto fijo que funcione como “un sistema de referencia absoluto e independiente [invariante, en reposo absoluto]”¹⁵, para así poder afirmar, de manera precisa, si algo se mueve o no.*

¹³ Estas respuestas se referencian de la Red sistémica—Relatos breves 21

¹⁴ Estas respuestas se referencian de la Red sistémica—Relatos breves 22 y Red sistémica—Relatos breves 23

¹⁵ Estas respuestas se referencian de la Red sistémica—Relatos breves 25

De esta manera, en cuanto a los cuestionamientos que invitan a hacer una reflexión acerca de la relación que se encuentra entre la descripción del movimiento, las condiciones propias de la medición y la organización de una estructura externa a los cuerpos que guíe una medición más precisa, las respuestas permiten dar cuenta de que los estudiantes consideran posible, en términos de efectividad, referenciar un marco privilegiado que *“puede ayudar en este tipo de situaciones, cuando el punto inicial no está en reposo”*. Así, este sistema absoluto (desde su carácter de total reposo) *“posibilitaría una medida exacta del movimiento y saber verdaderamente cuánto nos movemos y respecto a qué”*¹⁶.

Finalmente, la pregunta que genera mayor tensión y reflexión en el marco de esta actividad — acerca de hasta qué punto la introducción de un sistema de referencia privilegiado, como el espacio absoluto, no solo es útil, sino coherente y lógica—. Así, los estudiantes afirman que para describir claramente el movimiento *“debe haber un punto de referencia fijo”* y que este puede existir aun cuando *“no puede ser percibido con nuestros sentidos”*; de esta manera *“la experiencia nos ayuda a saber cuándo nos movemos”* pero como esta puede estar limitada, un *“sistema de referencia absoluto”* posibilita comprender el *“movimiento [a manera] general”* y *“ayuda a ubicarnos mejor”*¹⁷. Sin embargo, estas explicaciones continúan desarrollándose dentro de un marco interpretativo, en relación con el espacio absoluto, bastante amplio y difuso, favoreciendo así la necesidad de una reflexión en torno a cómo ciertos conceptos físicos logran superar las limitaciones asociadas a la percepción sensible, definiendo un nuevo punto de partida respecto a la manera minuciosa y rigurosa en la que se debe proceder con la interpretación de dichas nociones.

¹⁶ Estas respuestas se referencian de la Red sistémica—Relatos breves 26

¹⁷ Estas respuestas se referencian de la Red sistémica—Relatos breves 27

De esta manera puede decirse que las preguntas que fueron propuestas en esta actividad cumplieron con la finalidad que se tenía prevista desde el diseño. En primer lugar, generaron una reflexión en torno al papel fundamental que cumplen los objetos o cuerpos que funcionan como puntos fijos — configurando un sistemas de referencia— al momento de construir explicaciones acerca del estado de movimiento. Permitiendo, además, generar tensiones respecto a la interpretación de este fenómeno cuanto el sistema de referencia cambia o varía.

Y en segundo lugar, las preguntas posibilitaron trasladar el problema de análisis del movimiento y la necesidad de un sistema de referencia fijo, desde un plano perceptivo hacia un campo más abstracto, fortaleciendo así la capacidad de análisis y cuestionamiento respecto a las ventajas y limitantes que involucra la introducción de este tipo de nociones absolutas.

A manera de cierre, se presenta el siguiente cuadro comparativo, el cual logra sintetizar las respuestas que fueron previamente descritas, permitiendo identificar aspectos relevantes en cuanto a la problematización del estado de movimiento y las interpretaciones iniciales en relación con las nociones absolutas.

Aspectos Relevantes	Grupo 2
<i>Validación del movimiento</i>	Se afirma que el movimiento es claro cuando hay un cambio de ubicación [posición] o de perspectiva [medición de distancias] respecto a un sistema de referencia fijo (ej. el cono)
<i>Elementos indispensables</i>	Para establecer el movimiento se requiere de un punto de referencia y de un instrumento de medida para constatar la distancia recorrida. Sin embargo, se reconoce la necesidad de que el sistema de referencia sea totalmente invariante para garantizar la precisión en la descripción del fenómeno.
<i>Tensiones en la descripción del movimiento</i>	Ante situaciones en las que es difícil distinguir entre un sistema de referencia fijo o móvil, se propone la introducción de un sistema de referencia absoluto, independiente de los cuerpos, que permita dimitir si algo se mueve o no.
<i>Interpretación de un marco de referencia absoluto</i>	La experiencia sensible ayuda a establecer sistemas de referencia tangibles y en aparente estado de reposo, pero se reconocen limitaciones. El sistema de referencia absoluto se

	posiciona como una configuración que “excede lo percibido por los sentidos” pero que puede ayudar a comprender el movimiento de manera más general y formal.
--	--

Cuadro comparativo de los resultados obtenidos luego del abordaje de la actividad 2
Elaboración propia

Actividad 3 — Unidad Didáctica. “La problematización del espacio absoluto: un nuevo punto de partida”.

A diferencia de las actividades anteriores, en esta ocasión no se implementó un material estructurado en preguntas problema que se contextualizaban a partir del abordaje de situaciones específicas. Para esta actividad, el instrumento adoptado consistió en la construcción de diagramas a manera de mapa mental, conceptual o de ideas, en el cual los estudiantes debían sintetizar las interpretaciones construidas alrededor de la noción de espacio, esto considerando tanto el desarrollo de las actividades previas, donde se problematizó el estado de movimiento y los sistemas de referencia, como las tensiones asociadas a la noción de espacio absoluto que fueron debatidas en la actividad 3.

En cuanto a esto último, es importante mencionar que, a partir de la proyección y posterior discusión del material audiovisual (que fue descrito en momentos anteriores y que estaba destinado para este momento), se consiguió tensionar la introducción de un marco de referencia absoluto para lograr describir con precisión el movimiento —como lo es el espacio absoluto—, tanto desde perspectivas ontológicas como epistemológicas. Esto se logró retomando, en primer lugar, las críticas de Leibniz al espacio absoluto, particularmente aquellas relacionadas con el principio de los indiscernibles; y, en segundo lugar, a partir de la interpretación del movimiento como un sistema de relaciones, considerando los supuestos que son introducidos por Mach acerca del estado

de inercia y sus repercusiones en la posterior formulación del Principio de Mach. Además, estas reflexiones fueron reforzadas por cuestionamientos en torno a los aspectos de la realidad, promovidos a partir de algunos fragmentos del texto de G. Berkeley, que estaban relacionados con el carácter abstracto del espacio.

En este sentido, los resultados obtenidos de esta actividad no se organizan en función de respuestas puntuales, sino a partir de regularidades identificadas en las producciones finales, las cuales recogen tanto las comprensiones alcanzadas como las tensiones conceptuales emergentes acerca de la noción espacial que concluyeron los estudiantes. Además, en este apartado se presentarán algunas evidencias que permiten establecer relaciones con las conclusiones que se van formulando. Sin embargo, estos diagramas se encuentran de manera organizada y completa en el Anexo 4.

Síntesis en la conceptualización del espacio:

En términos generales, los estudiantes logran integrar diversas posturas conceptuales, con relación al espacio, de las trabajadas durante la implementación, evidenciando un tránsito desde concepciones sensoriales iniciales (prefilosóficas) hacia formulaciones más relacionales. En sus producciones, el espacio es caracterizado principalmente bajo tres formas:

- Como contenedor: se describe como un escenario o marco donde se ubican los objetos, con existencia independiente de estos, se le atribuye propiedades de estabilidad, fijeza e independencia respecto a los cuerpos.
- Como relación: se plantea que el espacio emerge de las interacciones entre cuerpos siendo entendido como una red de relaciones más que como una entidad autónoma. En este caso su existencia depende de la presencia y organización de la materia.

- Como estructura dinámica: aparece una reconstrucción más compleja en la que el espacio se vincula con la masa, la energía y el tiempo, dejando de ser un fenómeno pasivo para asumir un carácter dinámico en la organización de los fenómenos físicos.

Estas formas de concebir el espacio no se presentan de manera aislada, sino que coexisten dentro de los mismos esquemas, lo que evidencia procesos de articulación conceptual más que situaciones lineales.

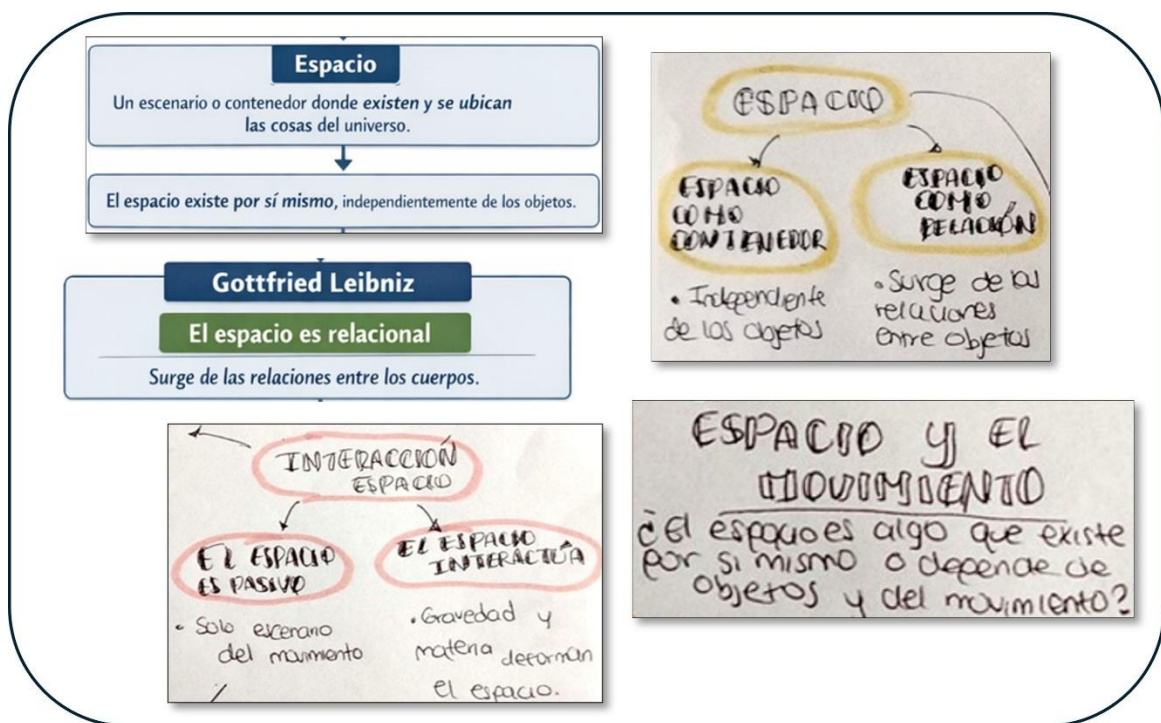


Imagen 5.1. Evidencia 1, fragmentos de los esquemas construidos por los estudiantes, grupo 2

Tensiones ontológicas y epistemológicas:

Uno de los rasgos más relevantes de las producciones es la explicitación de tensiones en torno a la noción de espacio, las cuales aparecen de manera directa en los diagramas elaborados por los estudiantes. En el plano ontológico se identifica una tensión entre:

- El espacio como entidad independiente, y
- El espacio como relación entre cuerpos

En el plano epistemológico, emergen interrogantes sobre:

- Las condiciones bajo las cuales es posible conocer el espacio,
- La relación entre experiencia y formalización teórica, y
- La necesidad de marcos conceptuales para describir fenómenos que no son directamente observables.

Adicionalmente, algunas producciones introducen la idea del espacio como un sistema de referencia construido, cuya validez depende del contexto y del acuerdo entre observadores.

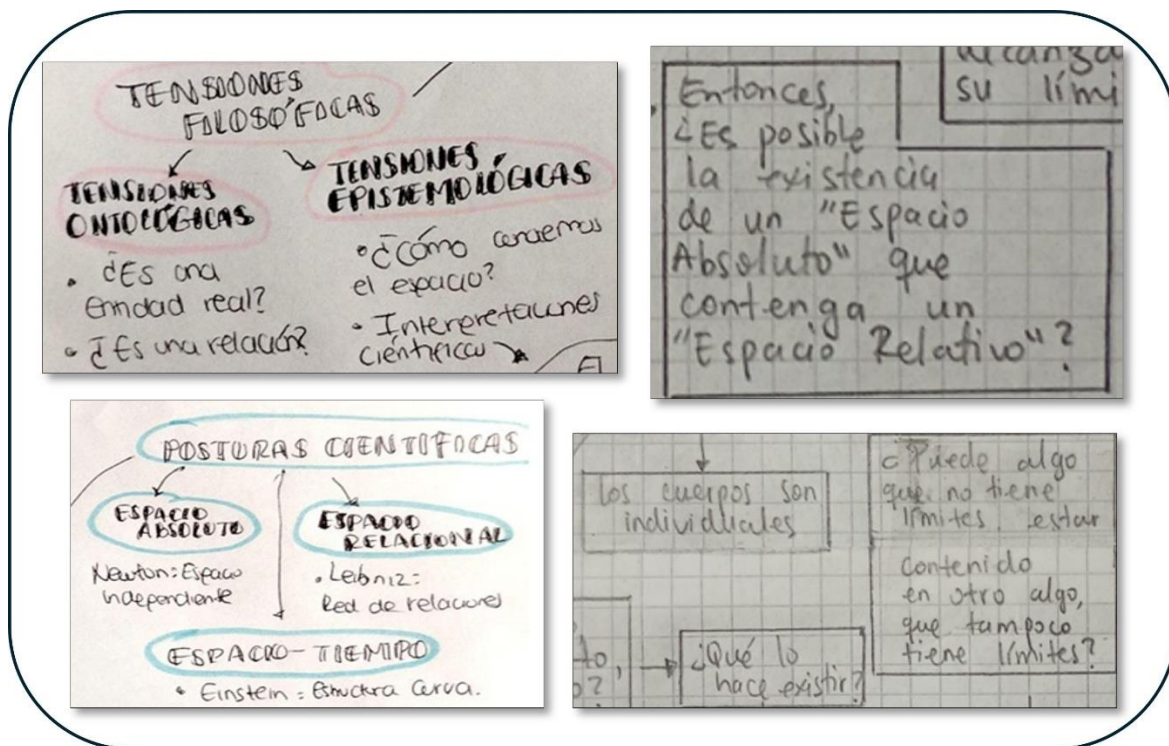


Imagen 5.2. Evidencia 2, fragmentos de los esquemas construidos por los estudiantes, grupo 2

Problematización de la noción de espacio absoluto:

Los producciones también evidencian una serie de cuestionamientos dirigidos a la concepción de espacio absoluto, los cuales se expresan en:

- La dificultad de sostener una entidad que no es observable directamente, cuestionando su validez como fundamento explicativo.
- La imposibilidad de medir el movimiento en ausencia de referencias, lo cual debilita la idea de un sistema absoluto independiente de los cuerpos.

En conjunto, estas dos ideas configuran una crítica que no elimina la utilidad de la noción absoluta, pero sí ponen en evidencia sus limitaciones explicativas.

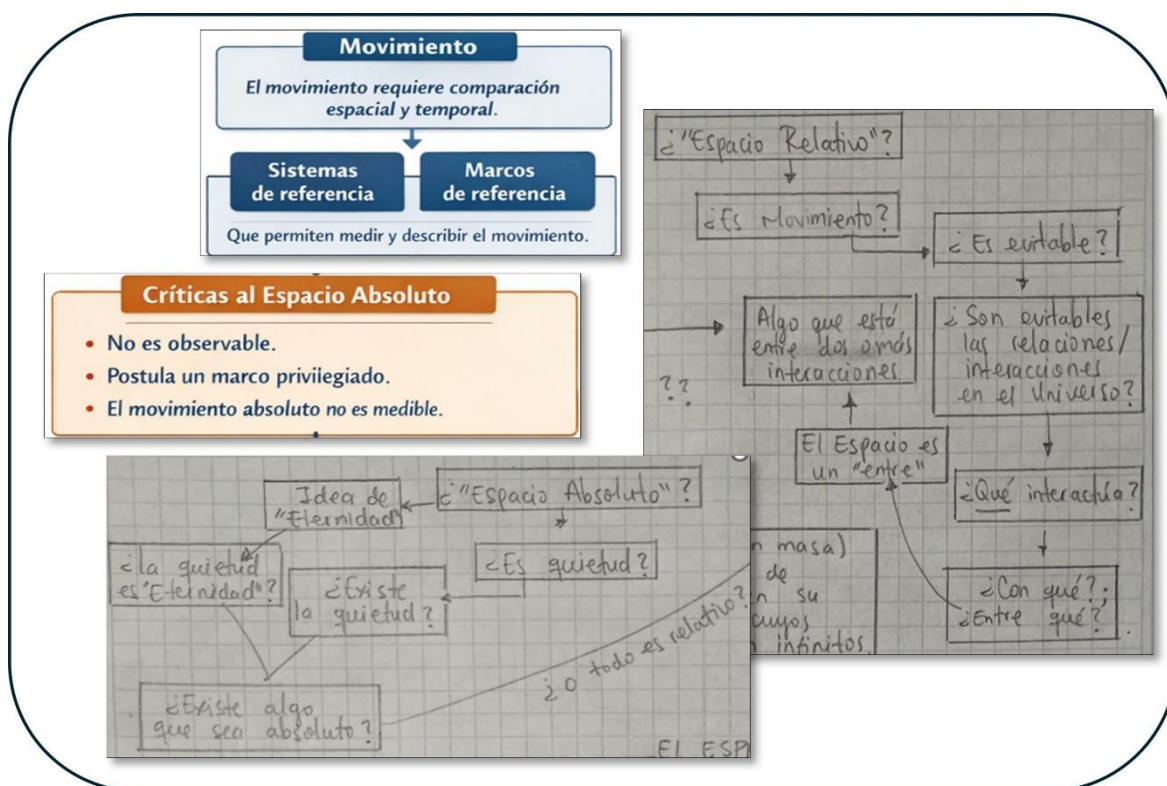


Imagen 5.3. Evidencia 3, fragmentos de los esquemas construidos por los estudiantes, grupo 2

En conclusión, las producciones analizadas no evidencian la adhesión a una única conceptualización de espacio, sino más bien, una coexistencia de posturas que son utilizadas según el contexto explicativo que se desea abordar. Es decir, se configura una noción de espacio absoluto entendida como un referente que puede facilitar la explicación del estado de movimiento; sin embargo, al mismo tiempo, se cuestiona su carácter ontológico como realidad tangible y mensurable, a partir de consideraciones que permiten comprender y describir el comportamiento de los cuerpos desde un sistema de relaciones. De esta manera se generan tensiones conceptuales en torno a las distintas formas de interpretar esta noción. Finalmente, las producciones cierran con interrogantes que trascienden las actividades desarrolladas, evidenciando que la noción de espacio es asumida como un campo de estudio en construcción, más que como un concepto cerrado.

Por lo tanto, una vez organizados los resultados que reflejan las construcciones explicativas y relacionales que derivaron de las contestaciones y los esquemas elaborados por los estudiantes, durante el desarrollo de las actividades que fueron propuestas en la unidad didáctica, en el siguiente apartado —Análisis de Resultados— se procederá con el análisis de esta información. Lo anterior, con el propósito de dar cuenta, por un lado, de los avances conceptuales que tuvieron los estudiantes a nivel disciplinar en cuanto a las diversas interpretaciones de la noción de espacio; y, por otro lado, del fortalecimiento de las habilidades de pensamiento crítico que fueron reflejándose a medida que estos construían explicaciones, argumentaban posturas y proponían organizaciones que les permitían el análisis y reflexión del espacio dentro de las actividades propuestas.

Análisis de Resultados (Implementación Piloto)

Este análisis de resultados se orienta a valorar las producciones de los estudiantes a la luz de las categorías disciplinares definidas (prefilosófica, absoluta y relacional) y de su correlación con el

fortalecimiento de las habilidades de PC propuestas (interpretación, análisis y explicación). En este sentido, no se busca únicamente revisar las respuestas obtenidas, sino establecer cómo dichas producciones evidencian procesos de comprensión, contraste y reconceptualización en torno a la noción de espacio.

Análisis: Actividad Diagnóstica

A partir de los resultados obtenidos en la actividad diagnóstica, se reconoce que los estudiantes — durante esta etapa— guardan una noción de espacio muy cercana a las concepciones establecidas desde un enfoque disciplinar prefilosófico. Esto se puede evidenciar en las afirmaciones que se presentan en el siguiente recuadro:

Afirmaciones recuperadas de: Actividad diagnóstica	Los estudiantes conciben el espacio como: • Un medio físico definido que permite ubicar, organizar y hacer coexistir cuerpos en un entorno. • Una entidad contenedora en la que los objetos existen y se ubican. • Un “fondo” invariante sin forma definida. • Un “fondo” del espacio que siempre conserva sus propiedades.
---	--

Con lo anterior, aparte de establecer un punto de partida en las interpretaciones que tienen los estudiantes acerca de esta noción, también es interesante dar cuenta de que los dos grupos (de estudiantes) tienen conclusiones muy similares respecto a las ideas iniciales de espacio, principalmente en cuanto a concebirlo como un contenedor que sirve como escenario para la ubicación de los cuerpos y las dinámicas que se presentan entre ellos.

Por otro lado, se debe resaltar que las conclusiones obtenidas en el recuadro surgieron del desarrollo de acciones dinámicas que involucraron la manipulación del tangram, al tiempo que se relacionaba la construcción de figuras con cuestionamientos sobre la interpretación del espacio. En esta acción, fue posible apreciar la aplicación de habilidades críticas, que se reflejan, por

ejemplo, en el caso de la *interpretación*, al momento en el que el estudiante expresa sus ideas acerca del espacio a partir de la relación que encuentran entre la manipulación y organización de las fichas —asumiendo significados en contextos determinados—; además del *análisis*, se reflejó al momento en el que se establecieron relaciones entre las hechos desarrollados, en la construcción de figuras, y la configuración de suposiciones para argumentar explicaciones que le permitieran expresar sus ideas de espacio, y, sujeto a esto último, también se involucra la *explicación*.

De esta manera, es válido reconocer que las habilidades anteriores pueden ser analizadas atendiendo a diferentes intereses, por ejemplo, en cuanto a las formas de proceder de los estudiantes al momento de adelantar el trabajo colaborativo para debatir y consensuar ideas que les permitieran construir explicaciones al respecto de las preguntas planteadas. Sin embargo, para el interés de este trabajo, se mencionará específicamente la manera en que estas habilidades se vieron involucradas en el desarrollo de la noción de espacio. De esta manera, para sintetizar dichos hallazgos, a continuación se presenta un cuadro comparativo que permite identificar la manera en que estas habilidades de pensamiento crítico se reflejaron en la interpretación del espacio durante la actividad diagnóstica.

Habilidad de pensamiento crítico	Correspondencia con la noción de espacio	Indicador en las evidencias de los estudiantes
<i>Interpretación</i>	Comprensión del espacio como entidad contenedora, relacional y condicionada por la disposición de los cuerpos u objetos.	Permite contener, organizar y ubicar las figuras; además, se reconoce que, con la introducción del marco del tangram, el espacio de fondo nunca cambia.
<i>Análisis</i>	Identificación de relaciones entre el espacio, los objetos y las restricciones espaciales.	Establecen relaciones entre las fichas, la figura y el marco, reconociendo las restricciones que pueden modificar, limitar y organizar el espacio.
<i>Explicación</i>	Argumentos sobre las propiedades del espacio, las	Se argumenta que el espacio organiza y condiciona la disposición de los

	características de los cuerpos y las condiciones limitantes del espacio.	objetos, a la vez que se justifica que los objetos presentes [en el espacio] permiten caracterizarlo.
--	--	---

Análisis: Actividad 1

De manera continua, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la actividad 1, se evidenció que los estudiantes —durante esta etapa— continúan manteniendo una noción de espacio ligada a una concepción prefilosófica, esto en el sentido de que se continúa asumiendo el espacio como un “recipiente” o contenedor que alberga la dinámica de los cuerpos observados. Sin embargo, esta postura logra ser tensionada, respecto al carácter de utilidad y aplicabilidad del espacio mismo; ya que, en resultados finales de esta actividad, al momento en el que se asume un escenario, como el del mapa, en ausencia total de objetos, se problematiza en gran medida la descripción del movimiento, por lo que, en este contexto, algunos estudiantes consideran posible la introducción de un referente de “espacio” que se encuentra fijo, en un fondo hipotético, el cual permitiría una organización y orientación en la descripción del desplazamiento. Esto se puede evidenciar en las afirmaciones que se presentan en el siguiente recuadro:

Afirmaciones recuperadas de: Actividad 1	Los estudiantes conciben el espacio como, una entidad contendora, donde: • Los elementos y símbolos como árboles, canecas, escaleras, murales o “la rosa de los vientos” permiten orientar un recorrido, ubicar lugares y guiar el desplazamiento dentro del mapa. • Sin puntos (elementos o cuerpos) de referencia sería muy difícil orientar un desplazamiento, ya que son esenciales para referenciar el movimiento.
---	---

De manera similar, en cuanto a la relación que guarda la ejecución de la actividad con el fortalecimiento de habilidades de PC, es posible resaltar varios aspectos en general, por ejemplo,

en cuanto al *análisis* es relevante como los estudiante reconocen la definición de elementos que son fundamentales al momento de organizar las indicaciones de permiten guiar un desplazamiento o un movimiento, además, de la manera en que argumentan sus *explicaciones* con la necesidad de establecer condiciones válidas que les permita justificar coherentemente sus afirmación en relación a situaciones que involucran el movimiento.

Sin embargo —como ya se mencionó—, nos concentraremos en destacar la manera en la que estas habilidades de PC se relacionan puntualmente con la interpretación y conceptualización del espacio. De esta manera, el siguiente cuadro comparativo permite sintetizar la interpretación del espacio, por parte de los estudiantes, durante la actividad 1.

Habilidad de pensamiento crítico	Correspondencia con la noción de espacio	Indicador en las evidencias de los estudiantes
<i>Interpretación</i>	Se intuye el espacio como un entorno [contenedor] que se organiza mediante los objetos o cuerpos y que permite la dinámica del movimiento.	Las pistas y símbolos del entorno nos permitieron ubicar lugares y establecer desplazamientos dentro del mapa.
<i>Análisis</i>	Se reconoce una relación directa entre la descripción del movimiento y el sistema de referencia.	Sin puntos de referencia sería casi imposible orientar el recorrido o reconocer si hay o no desplazamientos.
<i>Explicación</i>	Se argumenta la necesidad de establecer un sistema de referencia para describir el movimiento, que puede ser, incluso, no tangible.	Es necesario acordar, crear o imaginar puntos de referencia que permitan guiar el desplazamiento y reconocer cambios de posición.

Por lo tanto, se refleja en los resultados que, al final de la actividad, se logran tensionar dos aspectos relevantes: el primero tiene que ver con la dificultad que surge al momento de referenciar un movimiento sin la existencia de un cuerpo tangible y en reposo que funcione como sistema de referencia; y el segundo es que esto abre la posibilidad a “imaginar” un referente que permita dar

cuenta de los movimientos en este último tipo de situaciones (cuando el sistema de referencia es variante), abriendo la posibilidad a la existencia de un “trasfondo” espacial, en reposo absoluto, que pueda ayudar como sistema de referencia en estos casos; sin embargo, las interpretaciones de los estudiantes no terminan de evidenciar una postura firme y segura al respecto.

Por último, es relevante contrastar —guardando las proporciones— cómo estas interpretaciones finales de los estudiantes guardan relación con algunas ideas de pensamiento presentes en el referente teórico, en las que se comienza a consolidar una imagen más abstracta de un escenario de fondo que permita y ayude a describir determinados fenómenos físicos. Por ejemplo, el caso de los experimentos del balde con agua de Newton, en donde esté comienza a desarrollar la idea de un escenario de fondo caracterizado por ser homogéneo, infinito y en total reposo, el cual permite la configuración de sus leyes del movimiento y la cuantificación de las fuerzas; hipótesis que impulsaron fuertemente una transición entre un espacio dado por los elementos tangibles y medibles, hacia una noción de espacio absoluto con un carácter de orden más racional.

Análisis: Actividad 2

Continuando con el análisis frente a la postura del espacio, a partir de los resultados obtenidos en la actividad 2, se evidenció que los estudiantes —durante esta etapa— establecen, en un inicio, una postura acerca del espacio como una instrumento que puede funcionar como sistema de referencia absoluto, al cual acudir para justificar la descripción del movimiento cuando no se cuenta con un punto fijo (en reposo); aún así, a medida que se avanza hacia las reflexiones finales, el grupo reconoce que el movimiento se inspira en la medición de distancias —que aumentan o disminuyen— respecto a dos puntos de referencia, y que al final, esta interacción es la que se está

consolidando frente a la noción de movimiento; por lo que se concluye, en parte, que el movimiento es un fenómeno relacionado con los cuerpos, y por ende, en ausencia de estos, es difícil, incluso imposible, hablar de este tipo de acontecimientos. Esto se puede evidenciar en las afirmaciones que se presentan en el siguiente recuadro:

Afirmaciones recuperadas de: Actividad 2	Los estudiantes conciben el espacio como: • El movimiento depende de mediciones, con instrumentos invariantes, respecto a un sistema de referencia fijo. • Surgen dificultades para diferenciar entre el movimiento y el reposo cuando el sistema de referencia se desplaza junto al cuerpo observado. • Se propone la necesidad de una estructura externa y privilegiada para describir el movimiento.
---	---

En cuanto a la correlación que guarda la ejecución de la actividad con el fortalecimiento de habilidades de PC, es valioso resaltar cómo los estudiantes identifican relaciones claras respecto a la configuración de elementos que hacen posible la descripción del movimiento; al mismo tiempo que asignan una interpretación más precisa a nociones como, por ejemplo, “sistema de referencia” con intención de reconocer su relevancia en el estudio del movimiento. Sin embargo, puntualmente, en el siguiente cuadro comparativo se sintetiza la manera en que las habilidades de PC se relacionan con la interpretación del espacio durante la actividad 2.

Habilidad de pensamiento crítico	Correspondencia con la noción de espacio	Indicador en las evidencias de los estudiantes
<i>Interpretación</i>	Se comprende el sentido que adquiere el sistema de referencia en la descripción y medición del movimiento.	El movimiento solo puede comprenderse mediante referencias que permitan una organización clara.
<i>Análisis</i>	Se identifican las limitaciones que surgen, físicamente, para describir el movimiento.	La dificultad de distinguir entre el reposo y el movimiento, en situaciones específicas, permite cuestionar la suficiencia de los referentes físicos.

<i>Explicación</i>	Se argumenta sobre la necesidad y pertinencia de introducir un referente espacial estable e invariante.	Un sistema absoluto permitiría organizar las mediciones y describir el movimiento de manera más precisa, aun cuando no sea perceptible directamente.
--------------------	---	--

Lo anterior posibilita evidenciar la tensión alrededor de dos aspectos relevantes. El primero de ellos se relaciona con el fenómeno de análisis que permite configurar las concepciones que tienen los estudiantes acerca del espacio —que es el movimiento—, ya que este fenómeno pasa a ser comprendido a partir de la organización de los cuerpos (permitiendo, incluso, formalizar algunas respuestas a preguntas formuladas en actividades anteriores —acerca de cómo establecer si un cuerpo está, o no, en movimiento—, ya que se reconoce que estas discusiones tienen un carácter *relativo*, es decir, afirmar si un cuerpo se mueve, o no, depende de la configuración de sistemas de referencia previamente establecidos).

El segundo aspecto se relaciona con la pertinencia, en términos ontológicos, de proponer la existencia de un referente espacial, como el espacio absoluto, para configurar determinadas organizaciones que permiten construir explicaciones en cuanto a determinados fenómenos naturales.

Análisis: Actividad 3

Frente a la postura del espacio, que se pudo identificar a partir de los resultados obtenidos en la actividad 3, se evidenció que los estudiantes —durante esta etapa final— sí lograron tensionar de una manera fuerte sus nociones acerca del espacio; esto se logró particularmente gracias al debate

que se adelantó en torno al contenido audiovisual y a las críticas propias al espacio absoluto por parte de Leibniz y Mach¹⁸.

Así los estudiantes configuran una postura frente al espacio bastante diversa en cuanto a su interpretación, es decir, ya no se restringen a afirmaciones únicas o limitadas para explicar sus ideas acerca de lo que comprenden en torno a la noción de espacio, sino que plantean diferentes posturas, que surgen de considerar diferentes marcos y contextos explicativos, reconociendo así un conocimiento que surge de las respuestas mismas a las problematizaciones que se presentan en el estudio de los fenómenos de la naturaleza. Además, la idea de espacio, como un contenedor — que privilegió en las actividades iniciales—, es bastante contrastada con nuevas posturas que se vinculan con una configuración espacial que surge de las relaciones entre los cuerpos, previamente establecidas. Esto se puede evidenciar en las afirmaciones que se presentan en el siguiente recuadro:

Afirmaciones recuperadas de: Actividad 2	Los estudiantes conciben el espacio como: • Surge de las relaciones entre los cuerpos • El movimiento absoluto no es medible • ¿El espacio existe por sí mismo o depende de objetos y del movimiento?
---	---

En cuanto al desarrollo de habilidades críticas que surgieron en el abordaje de esta actividad, es válido rescatar cómo las habilidades de *interpretación* se fortalecen en el sentido de que se permite

¹⁸ Es válido mencionar que, las tensiones generadas en cuanto a las interpretaciones de un espacio absoluto, durante este momento, se presentaron principiante, gracias a tres condiciones, una primera, en donde —a partir del proceso magistral del docente— se instaura una reflexión acerca de, “cuando medimos, con un instrumento, el movimiento de un cuerpo, ¿qué medimos, la distancia que se establece entre los dos cuerpos, o el “espacio” que hay entre los dos cuerpos?”. La segunda, permitió dar paso, a la presentación del Principio de los Indiscernibles de Leibniz, en donde se concluyó que las explicaciones —en cuanto al estado de movimiento se refiere— que son propuestas por Newton, y en las que introduce la noción de espacio absoluto para postularlas, son desarrolladas con igual rigor y coherencia sin la necesidad de aludir dicha entidad, esto atendido a la configuración rigurosa y organizada entre cuerpos (sistemas de referencia). Para, finalmente, formalizar con la presentación del principio de Mach, enfocado en comprender el movimiento como un sistema de relaciones del cual es posible derivar y comenzar a configurar una idea de espacio.

comprender un marco más amplio respecto a la noción de espacio, ya que ahora no se reconoce simplemente como un “contenedor” que puede albergar la existencia y dinámica de los cuerpos, sino que, por el contrario, surgen nuevas posturas que permiten definir el espacio desde otras perspectivas, como la propuesta desde la interpretación como un sistema de relaciones; del mismo modo la habilidad de *análisis* se lleva a una profundización mayor al momento de identificar cuáles son los supuestos que se deben configurar para una organización espacial a partir de las interpretaciones relacionales, permitiendo identificar que en este caso la existencia de un cuerpo es previa a una construcción de noción espacial.

Sin embargo, como se ha venido presentando en momentos previos, el siguiente cuadro comparativo permite reflejar más detalladamente cómo se sintetiza la comprensión de las habilidades críticas en la comprensión del espacio durante esta actividad.

Habilidad de pensamiento crítico	Correspondencia con la noción de espacio	Indicador en las evidencias de los estudiantes
<i>Interpretación</i>	Se comprende el espacio desde múltiples significados conceptuales y explicativos.	El espacio pasó de ser un contenedor de cuerpos, a ser entendido a partir de la relación entre cuerpos y como una estructura dinámica vinculada a factores como la masa, la energía, el tiempo; integrando distintas formas de conceptualizarlo.
<i>Análisis</i>	Se identifican tensiones conceptuales y relaciones entre distintas posturas sobre la naturaleza del espacio.	El espacio previo o absoluto no se omite, es decir, no deja de ser referenciado por los estudiantes, más bien, pasa a ser contrastado con interpretaciones relacionales o racionales.
<i>Explicación</i>	Se argumenta acerca de las condiciones bajo las cuales es posible comprender y describir el espacio.	Las interpretaciones y explicaciones acerca del espacio se ajustan al contexto de estudio, lo que evidencia limitantes explicativas en determinadas concepciones del espacio.

Incluso a partir de lo anterior, vale la pena recalcar, cómo surgen otro tipo de habilidades de pensamiento crítico —de las que fueron propuestas en el referente teórico—, como la *autorregulación*, en donde el conocimiento que se tiene alrededor de la noción de espacio es sometido —por iniciativa de los mismos estudiantes— a cuestionamientos y reinterpretaciones con el fin de lograr reconfiguraciones conceptuales que, para este caso, les permita generar explicaciones claras y coherentes, desde el contexto de la física, frente a las interpretaciones de la noción de espacio.

Análisis general, aspectos disciplinares y críticos

A partir de la organización anterior, se evidencia que las producciones de los estudiantes no se limitan a descripciones aisladas, sino que reflejan un proceso progresivo de estructuración conceptual en el que las nociones de movimiento y espacio coexisten y son reorganizadas constantemente en función de los contextos explicativos que van abordando y desarrollando en la unidad.

De esta manera, en un primer momento las interpretaciones de los estudiantes se encuentran ligadas a una concepción espacial que está caracterizada por establecer una relación directa entre nuestra percepción sensorial y el escenario tangible que se nos presenta en la vida cotidiana (lo que guía una postura prefilosófica), desde esta perspectiva el espacio funciona como un escenario que es fundamental para albergar o contener los cuerpos, pero que no guarda ninguna relación directa con los mismos. Aun así, a medida que se problematiza la noción de movimiento y los sistemas de referencia, comienzan a surgir explicaciones acerca del espacio donde este comienza

a pensarse en términos de un sistema de referencia privilegiado que adquiere un carácter organizador en la descripción del movimiento.

Sin embargo, las tensiones introducidas acerca del carácter relativo que subyace en la descripción del movimiento y las críticas instauradas al espacio absoluto favorecen una consolidación de posturas más reflexivas en cuanto al espacio, en este sentido, de orden relacional, ya que esta noción comienza a ser interpretada desde las relaciones que se presentan entre los cuerpos, más que como una entidad absoluta e independiente de los mismos. De manera general, el contraste entre concepciones absolutas y posturas relacionales alrededor del espacio permite evidenciar cómo los estudiantes transitan desde una comprensión inicial centrada en el espacio como contenedor, hacia una visión más compleja en la que el espacio se configura como una estructura dependiente de las relaciones e interacciones de los cuerpos.

Por otro lado, el panorama anterior permite evidenciar la aplicabilidad y el fortalecimiento del enfoque crítico en el abordaje de la noción de espacio, pues se evidencia cómo los estudiantes avanzan, de manera gradual, desde explicaciones que se sustentan en los cuerpos y la existencia de objetos tangibles, hacia formulaciones capaces de integrar distintas interpretaciones de la noción de espacio según el contexto físico y epistemológico discutido. En este proceso, las habilidades de pensamiento crítico se manifiestan de múltiples maneras; sin embargo, se puede concluir que la *interpretación* se puede referenciar en la capacidad de reconocer condiciones y elementos relevantes para describir fenómenos; el *análisis*, en la identificación de límites, inconsistencias y tensiones entre distintas formas de argumentación; y la *explicación*, en la construcción de respuestas que articulan dichas condiciones dentro de marcos conceptuales más amplios.

Finalmente, estos resultados permiten visibilizar que el reconocimiento de las tensiones ontológicas y epistemológicas asociadas al espacio no solo promovió una reorganización conceptual en la comprensión del espacio por parte de los estudiantes —en el marco de la unidad didáctica—, sino que también favoreció el fortalecimiento de explicaciones más reflexivas y fundamentadas en torno a esta noción, lo que permite asumir posturas críticas frente al estudio de este tipo de conocimientos.

Análisis: Implementación Piloto

En cuanto al carácter de pertinencia de la unidad didáctica, vale la pena resaltar que, en términos generales, los resultados obtenidos permiten concluir que las actividades sí lograron problematizar los procesos de organización conceptual alrededor de la noción de espacio, y que además, las mismas lograron un potenciamiento progresivo de las habilidades relacionadas con el pensamiento crítico. Sin embargo, este ejercicio piloto permitió identificar tanto aspectos favorables de la unidad como algunas dificultades que se reflejaron al momento de su implementación.

Es por esta razón que a continuación se mencionan algunas de las conclusiones que surgen del análisis de la implementación de la prueba piloto.

- En cuanto a los retos que se identificaron luego de la implementación, se resalta uno en particular. Este se relaciona con la formulación de las preguntas que fueron propuestas en el diseño de las actividades que componían la unidad; esto se evidenció puntualmente al momento en el que se trabajó con los dos grupos. Ya que, en determinados casos, las preguntas que se proponían resultaban ser amplias, es decir, con el uso de conceptos avanzados o con una estructura no lo suficientemente específica en cuanto al interés central del cuestionamiento, por lo que se corría el riesgo de que los estudiantes (particularmente de niveles académicos

iniciales) que no tenían una buena capacidad de concentración, e incluso interés, al momento de responder pudieran extenderse en sus ideas y desviar la concentración acerca de la tensión central y así perder información relevante.

Por lo tanto, en la actividad 1 (que fue la actividad que se tuvo la oportunidad de aplicar en los dos grupos), puede notarse que hay preguntas orientadas con una misma intención interrogativa de fondo, pero organizadas y formuladas de manera distinta dependiendo del grupo. Por ejemplo, en el caso de preguntas como la siguiente, que se propuso de esta manera para el grupo 1: “Al seguir las indicaciones que se encontraban en el mapa para encontrar el tesoro, ¿qué fue lo que más les ayudó a no perderse durante el recorrido?”; pero para el caso del grupo 2 se reformuló así: “Durante la búsqueda del tesoro, siguiendo las instrucciones del mapa, ¿qué recursos, estrategias o elementos consideran que resultaron más determinantes para mantener la orientación y avanzar con éxito en el recorrido?”. O la siguiente pregunta, que también hace parte de la actividad 1; en el caso del grupo 1, se formuló: “¿Cómo creen que cambiaría la forma de organizar y dar indicaciones en un recorrido, como el del mapa, si no tuvieran un sistema de referencia, como por ejemplo, al árbol, las llantas o las escaleras, para orientar los movimientos?”; mientras que para el caso del grupo 2 fue planteada: “Si carecieran de un sistema de referencia —como el árbol, el edificio o las escaleras—, ¿cómo harían para organizar y transmitir las indicaciones para guiar un recorrido que permita orientar los desplazamientos?”.

De esta manera, con el grupo 1 fue necesario ser mucho más específico al momento de formular las preguntas, con la intención de que los estudiantes logaran concentrar su atención en los aspectos puntuales que de fondo se deseaban cuestionar y tensionar —esto se debe a que los estudiantes de este rango de edades tienden a extrapolar las situaciones presentadas a casos

aislados del tema o en ocasiones con aspectos “ficticios” o subreales propios de su etapa de aprendizaje, generando que se desplace el foco de discusión—. En contraste, cuando los estudiantes tienen un mayor interés por áreas académicas cercanas a la ciencia, como en el grupo 2, resulta pertinente formular preguntas que, manteniendo el mismo propósito, sí incorporen una formulación más elaborada en cuanto al nivel de sinónimos o el uso de expresiones propias del lenguaje científico, y que, al mismo tiempo, requieren de un mayor proceso de argumentación y explicación.

Además, las otras dos preguntas de esta actividad 1 también se replantearon, con la intención de estructurarlas más formalmente para el caso del grupo 2, tal cual como se aprecia en el siguiente recuadro.

Ajuste de las preguntas formuladas en la actividad 1: contraste entre el grupo 1 y 2.	
Grupo 1	Grupo 2
Al seguir las indicaciones que se encontraban en el mapa para encontrar el tesoro, ¿qué fue lo que más les ayudó a no perderse durante el recorrido?	Durante la búsqueda del tesoro, siguiendo las instrucciones del mapa, ¿qué recursos, estrategias o elementos consideran que resultaron más determinantes para mantener la orientación y avanzar con éxito en el recorrido?
¿Qué tan importantes consideran que fueron los símbolos, pistas y orientaciones que se encontraban en el mapa para lograr encontrar el tesoro?	En la experiencia de la búsqueda del tesoro, ¿qué nivel de relevancia le atribuyen a los símbolos y a la referencia de objetos, presentes en el mapa, para alcanzar el objetivo final?
¿Cómo creen que cambiaría la forma de organizar y dar indicaciones en un recorrido, como el del mapa, si no tuvieran un sistema de referencia, como por ejemplo, el árbol, las llantas o las escaleras, para orientar los movimientos?	Si carecieran de un sistema de referencia — como el árbol, el edificio o las escaleras—, ¿cómo harían para organizar y transmitir las indicaciones para guiar un recorrido que permita orientar los desplazamientos?
¿De qué manera ustedes pueden afirmar o justificar que realmente se están moviendo?	¿Cómo podrían justificar, de manera concreta y clara, que realmente ustedes están en movimiento?

Así, luego de la implementación piloto, se reconoce que un factor importante en el diseño de la unidad se relaciona justamente con la manera en que se organiza la formulación de las preguntas que son propuestas dentro del contexto de los talleres. Esto refleja que las mismas se constituyen en un elemento metodológico que debe ser tratado con bastante cuidado y precisión, principalmente al momento de considerar las características cognitivas del grupo de estudiantes al que se pretende dirigir. Sin embargo, es importante mencionar que, al momento de revisar las preguntas que fueron propuestas en los dos grupos, estas, más que ser modificadas en cuanto a la intención interrogativa que se tenía respecto a la indagación de la noción de espacio y sus demás relaciones (dentro del contexto de las actividades), las preguntas se reformularon con el fin de hacer pequeños ajustes que buscaban establecer formas de mediación (conceptual) más familiarizadas o acordes a los diferentes niveles académicos de los estudiantes.

Por lo tanto, la formulación de las preguntas no implica directamente que se deba cambiar del todo la tensión conceptual que orienta el desarrollo de la unidad, sino más bien es un aspecto que invita a reflexionar acerca de la manera en la que se organizan y presentan este tipo de interrogantes dentro de los distintos momentos que guían la unidad, tal que se pueda garantizar que las tensiones que surgen alrededor de dichas respuestas sean abordadas de manera efectiva en relación con la problemática central e independiente del nivel de formación académica.

Aun así, luego de considerar la variabilidad existente entre las edades, trayectorias académicas y afinidades, o no, por el conocimiento científico —que se reconocen como aspectos que influyen en la manera en cómo los estudiantes abordan las actividades y construyen sus respuestas—, es muy relevante también reconocer que, pese a dichas diferencias entre los dos grupos, el tipo de respuestas que fueron obtenidas en algunas actividades (como la actividad

diagnóstica y la actividad 1 de la unidad) presentaron similitudes muy cercanas e incluso puntos de encuentro altamente significativos al momento de sustentar sus ideas iniciales acerca de la noción de espacio.

Lo anterior revela dos aspectos importantes de destacar. El primero de ellos se relaciona con que los estudiantes de grados iniciales (por ejemplo, grado 6.º) pueden llegar a desarrollar ideas tan razonables como lógicas, tal cual como lo hacen los estudiantes que no solo son de niveles académicos superiores, sino que además tienen un interés por el aprendizaje de las ciencias; y en segundo lugar, permite diagnosticar que las ideas que se llegan a construir en esta etapa inicial de aprendizaje, si no se continúan trabajando y fortaleciendo con ayuda del pensamiento crítico, pueden llegar a persistir en el pensamiento del estudiante incluso hasta etapas más avanzadas de su formación —como en estudiantes de formación inicial en Lic. en física—.

En efecto, si se ha de considerar una futura implementación de la unidad, es relevante precisar el nivel académico de los estudiantes a los cuales va dirigida, esto no con intención de afirmar que, en los niveles iniciales, los estudiantes no se encuentren en la capacidad de abordar y argumentar determinadas discusiones (como la noción de espacio), sino con el propósito de resaltar la importancia de pensar seriamente en la organización y formulación de preguntas adecuadas para asegurar que las mismas sean lo mayormente precisas dentro de las características cognitivas y académicas propias de los participantes e incluso que logren guardar relación con su contexto cotidiano.

En conclusión, los cambios recomendados en la organización y formulación de las preguntas (en cuanto a las características cognitivas y académicas de los estudiantes) no deben entenderse como un impedimento para abordar los objetivos de aprendizaje propuestos ni para desarrollar

la tensión conceptual que se pretende con la intención interrogativa; sino que estos deben interpretarse como una adecuación en términos de mediación con el estudiante, la cual no pretende modificar la estructura conceptual que se interroga ni sus posibles significados, sino que lo que se desea es que se favorezca la problematización de las concepciones de una manera más próxima y familiarizada al contexto propio de los estudiantes.

- Las actividades 1 y 2 se desarrollaron de manera favorable, esto en el sentido de que los estudiantes comprendieron sin mayor dificultad tanto las preguntas formuladas como las acciones necesarias para completar las prácticas propuestas en cada momento. Asimismo, lograron reconocer el contexto que se iba organizando alrededor del movimiento y la noción de espacio. Se destaca incluso el carácter dinámico y motivante que estas actividades aportaron a favorecer la construcción de explicaciones por parte de los estudiantes.

Aun así, es importante mencionar que, para la implementación de la actividad 2, el tiempo requerido para su desarrollo se torna considerablemente extenso, esto debido a los tres momentos prácticos y al respectivo análisis que la actividad involucra. Al integrar procesos de organización, medición y discusión colectiva, la experiencia demostró que la acumulación de estos tres escenarios prácticos en una sola sesión puede reducir la claridad y motivación de los estudiantes al momento de organizar las experiencias propuestas y de responder a las preguntas problema que se presentan, haciendo que se pierda el énfasis sobre el análisis, principalmente, de los resultados prácticos obtenidos.

Por esta razón, se recomienda que, pensando en futuras implementaciones, se contemple la división de esta actividad en dos sesiones de clase o, en su defecto, se desarrolle dentro de bloques de trabajo con mayor disposición de tiempo, similares a espacios de laboratorio. Esto permitiría que la disposición de las actividades experimentales y los procesos de medición se

desarrollen con mayor concentración y precisión, logrando así obtener unos datos más completos y organizados que se conviertan en un insumo más significativo al momento de desarrollar las discusiones conceptuales de la propuesta.

- En cuanto a la actividad 3, sí se considera que es necesario realizar algunas modificaciones, puntualmente en cuanto al carácter autónomo de presentación y abordaje de la actividad, es decir, que durante esta actividad el docente tuvo que asumir una mediación bastante activa, específicamente en dos instantes determinantes. El primero fue al momento de reforzar y contextualizar las situaciones emergentes del material audiovisual, ya que el mismo por sí solo quedaba bastante propenso a generar desviaciones respecto a la discusión del tema central, que era la problematización del movimiento y la conceptualización del espacio. Y el segundo consistió en la necesidad de pensar en diseñar un material didáctico que permita introducir los aportes de Leibniz y Mach de una manera más articulada con relación a las discusiones previas que se han generado en torno al movimiento, ya que este instante dentro de la actividad dependió bastante del discurso del docente.

Por lo tanto, es importante considerar que un aporte para el complemento y fortalecimiento de la unidad en el marco de esta actividad puede enfocarse en el diseño y organización de un material didáctico (que en lo posible esté acompañado de situaciones o mediaciones prácticas) que, más que pretender ampliar en contenidos teóricos relacionados con los planteamientos de Leibniz y Mach, se centre en los aspectos didácticos que permitan fundar un instrumento de mediación conceptual entre las descripciones de espacio que se vienen desarrollando previamente y las nuevas interpretaciones derivadas de un enfoque relacional.

Con lo anterior, no se quiere dar a entender que la participación y mediación por parte del docente no sea relevante o se deba omitir por completo. Lo que se desea es proyectar la

incorporación de un material que, a partir de la formulación de preguntas orientadoras y recursos formativos, logre ampliar la capacidad de reflexión y análisis respecto a dos aspectos que se consideran relevantes, que son 1) el reconocimiento claro de la disrupción teórica entre los modelos interpretativos (que se relaciona principalmente con la necesidad de cuantificar y caracterizar el espacio) y 2) la relación del componente anterior con la necesidad de construir explicaciones desde un plano abstracto. De esta manera, la implementación requerirá de un acercamiento más personal y consciente por parte del estudiante en cuanto a la construcción de relaciones conceptuales que sustenten sus ideas acerca de la problematización de la noción de espacio.

- Sin embargo, dentro del mismo marco de la actividad 3, resulta bastante significativo resaltar el instrumento utilizado para recoger y validar la información, ya que la construcción y el diseño de este tipo de esquemas o diagramas permiten vivenciar posturas explicativas con un carácter más reflexivo en cuanto a la manera de interpretar y relacionar la información presentada referente al espacio, por parte de los estudiantes.
- Finalmente, es valioso dar cuenta de que el diseño actual de la unidad didáctica también posibilita una reflexión acerca de la posible implementación de actividades complementarias que permitan ampliar una problematización del espacio desde contextos interpretativos más contemporáneos. En este orden de ideas, la unidad puede avanzar hacia el diseño de situaciones en las que se logre hacer un abordaje crítico del espacio en relación con otros aspectos físicos como la masa, el tiempo o la energía; favoreciendo así un acercamiento más amplio y reflexivo de esta noción en cuanto al desarrollo de teorías más modernas, como la relatividad general o la mecánica cuántica.

CONCLUSIONES

En relación con las preguntas orientadoras que guían este trabajo de grado, ¿cómo el reconocimiento de las tensiones ontológicas y epistemológicas asociadas al espacio aportan a la organización de una propuesta que promueva una comprensión reflexiva y crítica de esta noción? Y, ¿de qué manera la implementación de actividades que involucren la caracterización del movimiento favorece la comparación de modelos físicos acerca del espacio, guiando a los estudiantes hacia una comprensión crítica de esta noción? Los resultados permiten sostener que dichas tensiones no sólo constituyeron un referente teórico, sino que se convirtieron en el eje articulador de las metodologías tanto didácticas como críticas de la unidad.

De esta manera, realizar un estudio histórico alrededor del espacio permitió identificar la aparición de tensiones ontológicas y epistemológicas que subyacen en la interpretación misma de esta noción. Este reconocimiento aportó de manera significativa al diseño y estructuración de la unidad didáctica en diferentes aspectos. En primer lugar, permitió reconocer que el espacio es una noción que se encuentra anclada a múltiples maneras de comprensión, que son susceptibles del razonamiento y la interpretación humana; en consecuencia, lo anterior permite resaltar el carácter dinámico que hay en el entendimiento y conceptualización de esta noción, permitiendo entonces promover el abordaje de este (el espacio) desde procesos de enseñanza que no se reduzcan a la definición de conceptos únicos, sino que, por el contrario, fomenten un análisis comparativo entre las distintas maneras de comprender el espacio.

En segundo lugar, el enfoque histórico se consolida como un elemento valioso en tanto que guía la organización de las actividades de manera que, enmarcadas en situaciones problema, permitan la consolidación de prácticas y debates acerca de los supuestos, utilidades y limitaciones que están

presentes en las distintas maneras de comprensión del espacio; permitiendo así que se desarrollen procesos de contraste y reflexión que permitan dar cuenta del carácter interpretativo de esta noción.

Además, reconocer los hilos que tejen las tensiones históricas acerca del espacio también permite la organización de actividades de forma secuencial y articulada, es decir, que las mismas no se reduzcan a un único momento de interés dentro de la unidad, sino que se fomente un contraste de ideas y posturas entre los diferentes resultados derivados de estas, que impulsen el reconocimiento del espacio como una interpretación susceptible de ser analizada, criticada y reinterpretada. De esta manera, el abordaje del espacio se asume desde una postura crítica que permite valorar la construcción progresiva del conocimiento espacial.

Asimismo, cuando los estudiantes abordan este tipo de situaciones problema que involucraban una descripción precisa del estado de movimiento, se abre la oportunidad de confrontar distintos marcos interpretativos en cuanto a la manera de explicar este fenómeno, al tiempo que se encuentra una relación directa con la conceptualización del espacio. Lo anterior permitió entonces que los estudiantes no se limitaran a apropiarse de definiciones específicas, sino que, por el contrario, relacionaran las interpretaciones de dichas conceptualizaciones de manera que les permitió comparar modelos científicos relacionados con el espacio —experienciales, absolutos y relacionales—.

Lo anterior logró dar cuenta de que la articulación entre el enfoque disciplinar y el enfoque crítico (puntualmente detallado en las habilidades de interpretación, análisis y explicación) permite organizar procesos de enseñanza y aprendizaje significativos, en los que la construcción de interpretaciones acerca del espacio surge a partir de la comparación de modelos, el cuestionamiento de supuestos y la definición de posturas críticas frente al abordaje del conocimiento.

Por lo tanto, en cuanto a la segunda pregunta problema de esta investigación, queda demostrado que cuando las teorías científicas se abordan junto con la articulación de un componente histórico y epistemológico que permita percibir el carácter dinámico del conocimiento, a partir de procesos de análisis, comparación y discusión, se logra favorecer la apropiación de que el conocimiento científico no constituye una verdad única y definitiva, sino que consta de modelos cuya utilidad está en función de la precisión y simplicidad con la que logran explicar los fenómenos del movimiento y su relación con la organización del espacio.

De esta manera, es posible concluir que la comparación y el contraste de interpretaciones entre los diferentes modelos físicos espaciales que emergen cuando los estudiantes encuentran la necesidad de revisar críticamente las explicaciones con las que inicialmente interpretaban dicho fenómeno, fortalecen una comprensión más reflexiva y fundamentada de esta noción.

Por otro lado, en cuanto a la pertinencia de los instrumentos, la intención de hacer uso de estos instrumentos de recolección y sistematización de la información, como el registro de explicaciones y argumentos, la construcción de esquemas y la elección de las redes sistémicas para organizar y analizar la información. Esto permitió contar con una herramienta conjunta que logró rastrear el proceso de construcción y reconstrucción en la comprensión de la noción de espacio por parte de los estudiantes a lo largo del desarrollo de la unidad. Ya que, mientras las redes sistémicas hicieron posible llevar a cabo la organización de las respuestas que derivaron de las actividades, identificando tipos, regularidades y relaciones que emergían al momento de explicar la noción de espacio, sin dejar de lado ningún aspecto relevante de dichas producciones; por otro lado, los mapas o esquemas permitieron hacer visible cómo dichas concepciones eran organizadas por los mismos estudiantes, estableciendo conexiones entre distintas teorías, proponiendo alcances explicativos entre estas e identificando las tensiones conceptuales que emergían al respecto.

En este sentido, se puede afirmar que estos instrumentos resultaron actuando de manera complementaria entre ellos, permitiendo obtener información coherente y sustentada en relación con los objetivos de investigación, ya que, por un lado, se favoreció el proceso de construcción de significados alrededor del espacio, a un nivel de articulación y contraste entre distintos modelos explicativos de esta noción, al tiempo que se logró hacer un acercamiento reflexivo y crítico que fortaleció no solo la interpretación y conceptualización de las nociones espaciales, sino además los procesos argumentativos y explicativos de las ideas.

Además, considerando que parte del propósito era analizar de qué manera las actividades favorecían el desarrollo de una postura crítica en cuanto a la interpretación, el análisis y la explicación de los distintos modelos físicos del espacio, los instrumentos utilizados fueron capaces de documentar, sintetizar y conservar la postura argumentativa en las respuestas de los estudiantes, dejando ver contrastes y relaciones explicativas provenientes de diversas las experiencias, y no limitándose a un simple análisis de la presencia, o no, de determinados conceptos para configurar ciertas explicaciones.

En consecuencia, tanto las redes sistémicas como los esquemas de mapas relacionales permitieron dar cuenta de la forma en la que los estudiantes justificaban sus afirmaciones, establecían relaciones entre estas y otorgaban una interpretación reflexiva a las nociones espaciales discutidas durante la implementación, proporcionando así elementos que permiten valorar el desarrollo progresivo de habilidades asociadas al pensamiento crítico y en cómo estas inciden en la comprensión de la noción de espacio.

Por lo tanto, los instrumentos utilizados se consolidan como una estrategia metodológica que constituye un aporte pertinente en el marco de las investigaciones cualitativas, particularmente por su interés de comprender cómo los estudiantes construyen, problematizan y reorganizan sus

explicaciones a partir de nuevas experiencias diseñadas para favorecer la reflexión y el pensamiento crítico en las ciencias.

Ahora, en cuanto al papel que juega el maestro en la organización, implementación y valoración de este tipo de propuestas, esto le implica al mismo dejar de operar únicamente como un transmisor de información o contenidos, para que el conocimiento de aspectos históricos, disciplinares, pedagógicos y críticos le permita generar situaciones dentro de sus propuestas de enseñanza que estén enmarcadas en contextos de situaciones problema, que no inviten a buscar definiciones únicas y precisas de los conceptos científicos, sino que, por el contrario, motiven escenarios de discusión y reflexión tanto de la utilidad como de la misma limitación que se encuentra no solo en la noción de espacio, sino en varios aspectos de la ciencia en general.

Lo anterior implica además reconocer que las ideas iniciales de los estudiantes no constituyen ideas erróneas ni salidas de un contexto científico, sino que, por el contrario, las mismas se constituyen en formas de interpretar, nociones en general, que pueden ser reconfiguradas, favoreciendo un aprendizaje crítico, desde situaciones problema que introduzcan tensiones conceptuales o explicativas.

Es importante también referenciar que este tipo de propuestas, aparte de exigir —por parte del docente— un dominio conceptual amplio, requiere también de un trabajo arduo, en el sentido de que solicita una amplia capacidad imaginativa para llevar a cabo el diseño de experiencias que no solo permitan la generación de escenarios propicios para abordar situaciones problema, sino que además los mismos favorezcan procesos de cuestionamiento, de reflexión y de argumentación que motiven la confrontación de ideas tal que permita adoptar posturas críticas frente al abordaje del conocimiento.

Finalmente, los resultados obtenidos de la implementación de las actividades y el análisis de resultados permiten concluir que promover situaciones problema que involucren la construcción de explicaciones para fundamentar el estado de movimiento son también experiencias que operan como un puente para que los estudiantes se acerquen de una manera más intuitiva y autónoma hacia la comprensión del espacio —pasando de una relación de experiencias tangibles a una organización racional del conocimiento—.

Por tanto, las actividades diseñadas no solo permitieron trabajar acerca de la interpretación y conceptualización del espacio, sino que, además, lograron contribuir a la identificación de la manera de proceder —en algunos casos— respecto a los procesos de construcción de conocimiento, permitiendo no solo que se instaure una postura crítica frente a la descripción del espacio, sino también que motive dicho análisis hacia la extrapolación de otras interpretaciones y nociones físicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brookfield, S. (2011). *Teaching for critical thinking: Tools and techniques to help students question their assumptions*. Jossey-Bass.
- Cárdenas C. L. & Botero F. C. (2009). *Leibniz, Mach y Einstein: Tres objeciones al espacio absoluto de Newton*. Discusiones filosóficas.
- Chacón. Á. (2007). *El principio de Mach en la relatividad general y en la mecánica relacional*. Cuestiones de filosofía.
- Earman, J. (1989). *World enough and space—time*. MIT Press.
- Ennis, R. (2005). *Pensamiento crítico: un punto de vista racional*. Revista de Psicología y Educación.
- Facione, P. (2007). *Pensamiento crítico: ¿Qué es y por qué es importante?* Insight Assessment.
- Fabre, M. (1999). *Situaciones problema y saber escolar*. Fondo de Cultura Económica.
- Galvis, L. (2019). *Enseñanza de la teoría especial de la relatividad sobre los conceptos de espacio y tiempo para potenciar habilidades de pensamiento crítico en estudiantes de grado décimo de la institución Antonia Santos del municipio de Valencia* [Trabajo de maestría]. Universidad Autónoma de Manizales.
- Gisbert, T. (1992). *Una metodología cualitativa para el estudio del desarrollo conceptual en el aprendizaje de las ciencias. Análisis de redes sistémicas*. Revista de Investigación Educativa.
- Jammer, M. (1993). *Concepts of space: The history of theories of space in physics* (3.rd ed.). Dover Publications.
- Kuhn, T. (1962/2024). *La estructura de las revoluciones científicas*. (3.rd ed.). Fondo Cultural de Economía.

- Machamer, P. (1998). *The Cambridge companion to Galileo*. University of Pittsburgh
- Martí, J. (2002). *La investigación—acción participativa. Estructuras y fases*. La investigación social participativa.
- Maudlin, T. (2014). *Filosofía de la física I: El espacio y el tiempo*. Fondo de Cultura Económica.
- Ortiz, E. (2024). *La importancia del pensamiento crítico en la enseñanza de la física*. Noria.
- Tylor, J. (2005). *Mecánica clásica*. University Science Books.

ANEXO 1

ORGANIZANDO EL ESPACIO: UN RECORRIDO DESDE LOS SENTIDOS HASTA LA INTERACCIÓN ENTRE CUERPOS

PRESENTACIÓN

La presente Unidad Didáctica se inscribe en el marco de los procesos de enseñanza de la física y tiene como propósito promover un acercamiento desde una postura reflexiva y crítica a la conceptualización del espacio. Lo anterior se desea abordar no solo desde su dimensión teórica, sino también desde una perspectiva epistemológica; por esta razón se plantean escenarios dentro de la unidad que integran actividades prácticas que implican el desarrollo de situaciones problema¹ que al mismo tiempo involucran procesos de análisis y explicación con los que se pretende favorezcan la construcción de interpretaciones más amplias, en términos científicos, acerca de esta noción de espacio.

Además, en esta propuesta, la referencia al Pensamiento Crítico² (PC) se asume en consecuencia con el modelo propuesto por P. Facione, el cual reconoce la existencia de múltiples habilidades cognitivas y disposiciones intelectuales (entre ellas, la interpretación, el análisis y la explicación) que, en conjunto, configuran una postura crítica frente al conocimiento.

En este orden de ideas, la organización de la propuesta retoma tres enfoques disciplinares acerca del espacio, que, al contrastarse entre sí, permiten identificar momentos de tensión entre las

¹ La problematización de situaciones, dentro de los procesos de enseñanza, supone la organización de situaciones en las que la construcción de explicaciones emerge de las comparaciones entre interpretaciones que obligan a ver el conocimiento como un proceso constructivo y organizativo, y no como un cuerpo de saberes que se presenta como simple transmisión de información (Fabre, 1999).

² El pensamiento crítico se reconoce como un conjunto de habilidades que va más allá del análisis y aplicación de los datos, convirtiéndose más bien, en un recurso para abordar el conocimiento desde una postura racional que permita involucrar los saberes con el contexto reflexivo propio del sujeto (Facione, 2007).

distintas maneras de comprender y pensar esta noción. Estos momentos de transición conceptual a lo largo de la historia son los que orientan la organización y el desarrollo progresivo de las actividades de la unidad.

Por esta razón, a continuación se presenta de manera organizada el diseño de cada una de las tres actividades que se proponen en el contexto de la unidad, al mismo tiempo que se deja claridad de cómo las mismas se formulan, en acciones e interrogantes, con la intención de promover escenarios de tensión que logren movilizar las ideas alrededor del espacio en los estudiantes, a partir de procesos de interpretación, análisis y reconstrucción de explicaciones.

ACTIVIDADES PROPUESTAS

Las actividades que componen la unidad se diseñaron de manera que articulan tres momentos formativos secuenciales, con los que se desea contrastar progresivamente distintas concepciones ontológicas y epistemológicas en torno a la comprensión de la noción de espacio. Asimismo, las mismas abarcan situaciones que, más allá de su carácter lúdico y didáctico, configuran situaciones problema que buscan generar tensiones conceptuales que obligan al estudiante a construir explicaciones en las que se involucren sus interpretaciones y conocimientos acerca del espacio. En este sentido, las actividades no desean presentar definiciones únicas o establecidas, sino que funcionen como escenarios que fomentan la necesidad de construir explicaciones que no solo reflejan aprendizajes, sino que consolidan una postura reflexiva y crítica frente al abordaje de esta noción.

ACTIVIDAD 1: ENTRE PISTAS Y RECORRIDOS

Esta actividad tiene como intención hacer notar las concepciones de espacio que se configuran de manera cercana a la experiencia sensorial y cotidiana del estudiante que, de manera indirecta, puede guardar una gran relación con las posturas prefilosóficas del espacio. Aun así, este momento no pretende inducir a los estudiantes a adoptar posturas explicativas de marcos teóricos superados, sino que reconozcan cómo, aun en ambientes contemporáneos, el espacio sigue siendo asumido, vivido y significado como una realidad concreta, local y orientadora, antes de ser formalizada de manera abstracta y teórica. De este modo, la actividad establece un punto de partida necesario para formular tensiones sobre las posturas conceptuales que se irán desarrollando en actividades posteriores.

- **Objetivo específico**

Analizar las concepciones implícitas de espacio que emergen en la experiencia cotidiana de orientación y desplazamiento, reconociendo el papel de la experiencia sensorial y de los puntos de referencia locales en la construcción del conocimiento espacial.

- **Descripción de la Actividad**

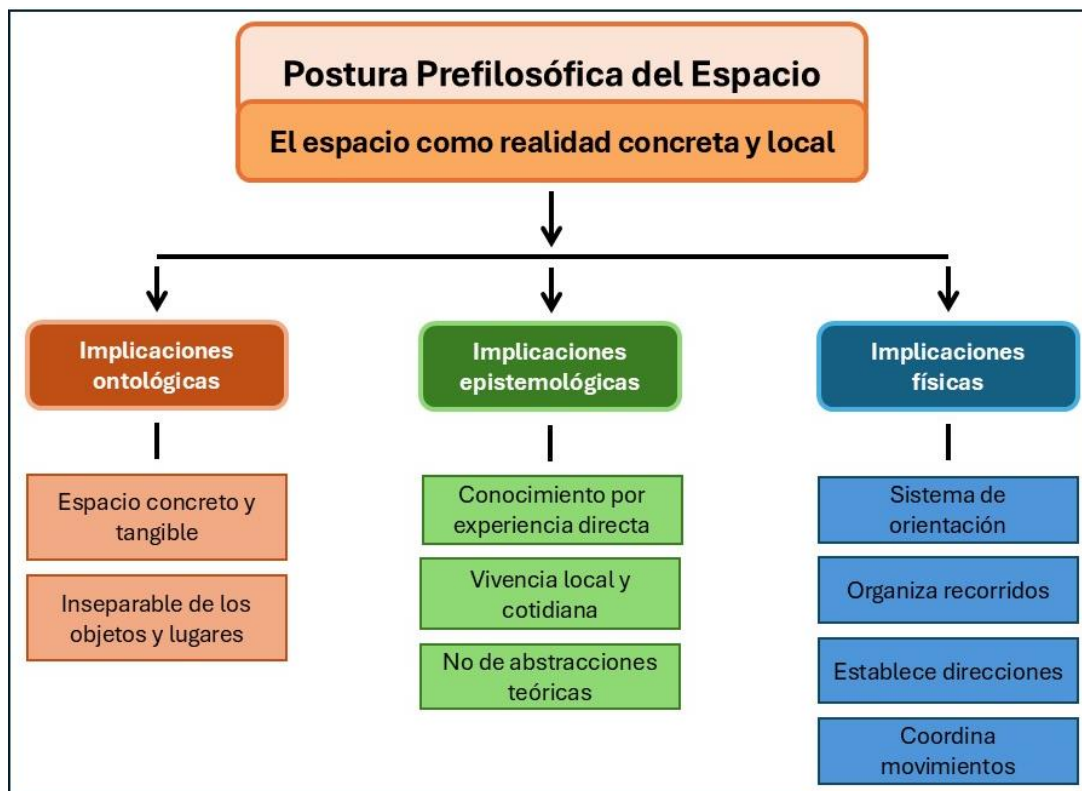
Los estudiantes deben organizarse en grupos de trabajo (en lo posible de entre 2 o 4 integrantes) y deberán construir un mapa de una región delimitada dentro de un entorno específico (que puede ser una cancha deportiva, un patio o plaza, un parque o zona verde) con la finalidad de esconder un “tesoro” (que puede ser un objeto simbólico, una carta o un dulce) y proponer una serie de pistas, en el contexto del mapa, que al seguirlas y completarlas permitan encontrar el tesoro. Estas

pistas pueden consistir en indicaciones directas o pueden ser un poco más complejas, como proponer acertijos que exijan interpretar el entorno o reconocer puntos de referencia.

Posteriormente al diseño y construcción de los mapas, los estudiantes intercambiarán los mapas entre los grupos, para que —una vez asignado un mapa distinto al suyo a cada grupo— estos equipos sigan las pistas recibidas y puedan localizar dicho tesoro.

La actividad culmina con un momento de reflexión que está guiado por el docente y mediado por un cuestionario que propone algunas preguntas orientadoras acerca de la actividad, orientadas a que los estudiantes identifiquen elementos del mapa y del entorno que fueron relevantes para orientarse y desplazarse durante la práctica.

- Contenidos conceptuales abordados



Mapa organizacional de los contenidos conceptuales de la Actividad 1
Elaboración propia

Actividad 1 — Entre pistas y recorridos

Programa: Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Tipo de material: Actividad 1, Unidad Didáctica

Dirigido a: Licenciatura en Física, primer semestre



INTRODUCCIÓN:

En esta actividad comenzarán a pensar el espacio desde lo que saben y ven en su día a día. La idea es que comiencen a reconocer cómo utilizan el espacio cuando se mueven, se orientan, interactúan con otras personas o reconocen lugares que hacen parte de su entorno. Este primer momento servirá como punto de partida para que puedan comprender, ampliar y cuestionar la importancia de las ideas espaciales locales.

Duración estimada: 90 minutos

Modalidad: grupos de 3 a 4 estudiantes

Materiales: mapa del tesoro, guía de trabajo, lápiz y esfero

ORIENTACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

PRIMERA INDICACIÓN: Momento 1, diseño del mapa y las pistas (30 minutos)

Organizados en los grupos, su reto será esconder un “tesoro” (este puede ser un objeto simbólico, un dulce o un mensaje). Para lograrlo, deberán construir un mapa claro de esa zona y diseñar máximo 5 pistas que permitan encontrar dicho tesoro. Estas pistas pueden ser instrucciones directas o acertijos que obliguen a plantear recorridos coherentes.

Tengan en cuenta aspectos básicos de los mapas, como el uso de símbolos, la orientación (por ejemplo, los puntos cardinales) y una aproximación de dimensiones a escala. La finalidad es que otro grupo pueda entender su mapa y seguir las pistas para hallar el tesoro.

SEGUNDA INDICACIÓN: Momento 2, intercambio del mapa y búsqueda del tesoro (20 minutos)

Cuando todos los grupos terminen su mapa y escondan el tesoro en el lugar elegido, intercambiarán su mapa con otro grupo. Después de recibir el mapa de sus compañeros, deberán ahora seguir las pistas e instrucciones dadas para encontrar el tesoro.

Durante la búsqueda, trabajen en equipo, dialoguen para ponerse de acuerdo y tomen decisiones consensuadas para llegar al lugar correcto.

Actividad 1 — Entre pistas y recorridos

Programa: Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Tipo de material: Actividad 1, Unidad Didáctica

Dirigido a: Licenciatura en Física, primer semestre



TERCERA INDICACIÓN: Reflexión sobre la experiencia (40 minutos)

Para cerrar, responderán un breve cuestionario a manera de reflexión. En él analizarán qué elementos del mapa y del entorno les ayudaron más a orientarse y desplazarse: por ejemplo, los puntos de referencia, los símbolos o aspectos clave en el contenido de las indicaciones. Esta reflexión les permitirá reconocer cómo comprenden y usan el espacio en la vida cotidiana, antes de estudiarlo desde explicaciones teóricas o científicas.

Responde las siguientes preguntas considerando tu experiencia con el mapa y desde una postura reflexiva; pueden utilizar ejemplos de situaciones que ocurrieron durante la búsqueda del tesoro.

Durante la búsqueda del tesoro, siguiendo las instrucciones del mapa, ¿qué recursos, estrategias o elementos consideran que resultaron más determinantes para mantener la orientación y avanzar con éxito en el recorrido?

En la experiencia de la búsqueda del tesoro, ¿qué nivel relevancia le atribuyen a los símbolos y a la referencia de objetos, presentes en el mapa, para alcanzar el objetivo final?

Actividad 1 — Entre pistas y recorridos

Programa: Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Tipo de material: Actividad 1, Unidad Didáctica

Dirigido a: Licenciatura en Física, primer semestre



Si carecieran de un sistema de referencia —como el árbol, el edificio o las escaleras—, ¿Cómo harían para organizar y transmitir las indicaciones para guiar un recorrido que permita orientar los desplazamientos?

Se espera que esta actividad los haya llevado a reflexionar sobre el espacio, entendido no solo como el “lugar” donde se ubican los objetos, sino también como un factor esencial para comprender nuestros desplazamientos. En este sentido...

¿cómo podrían justificar, de manera concreta y clara, que realmente ustedes están en movimiento?

ACTIVIDAD 2: ¿ESTAMOS QUIETOS O EN MOVIMIENTO?

Con esta actividad se pretende problematizar de una manera más formal la noción de movimiento y su relación con los sistemas de referencia. Lo que se desea es que los estudiantes se enfrenten a la necesidad de describir y argumentar cuándo es posible afirmar que un cuerpo ha experimentado un movimiento. A través de la práctica, se pretende explorar los supuestos epistemológicos que sustentan la idea de marco de referencia absoluto, independiente de los cuerpos, que ayuda en la descripción del movimiento ante situaciones cuando no se cuenta con un sistema de referencia estable. De esta manera, la actividad se perfila como un escenario que permite la transición entre el espacio vivido desde la experiencia cotidiana y un espacio más formalizado desde una perspectiva abstracta y matemática; preparando el terreno para cuestionar el verdadero carácter interpretativo del movimiento y, en consecuencia, la posibilidad ontológica de una estructura espacial absoluta.

- **Objetivo específico**

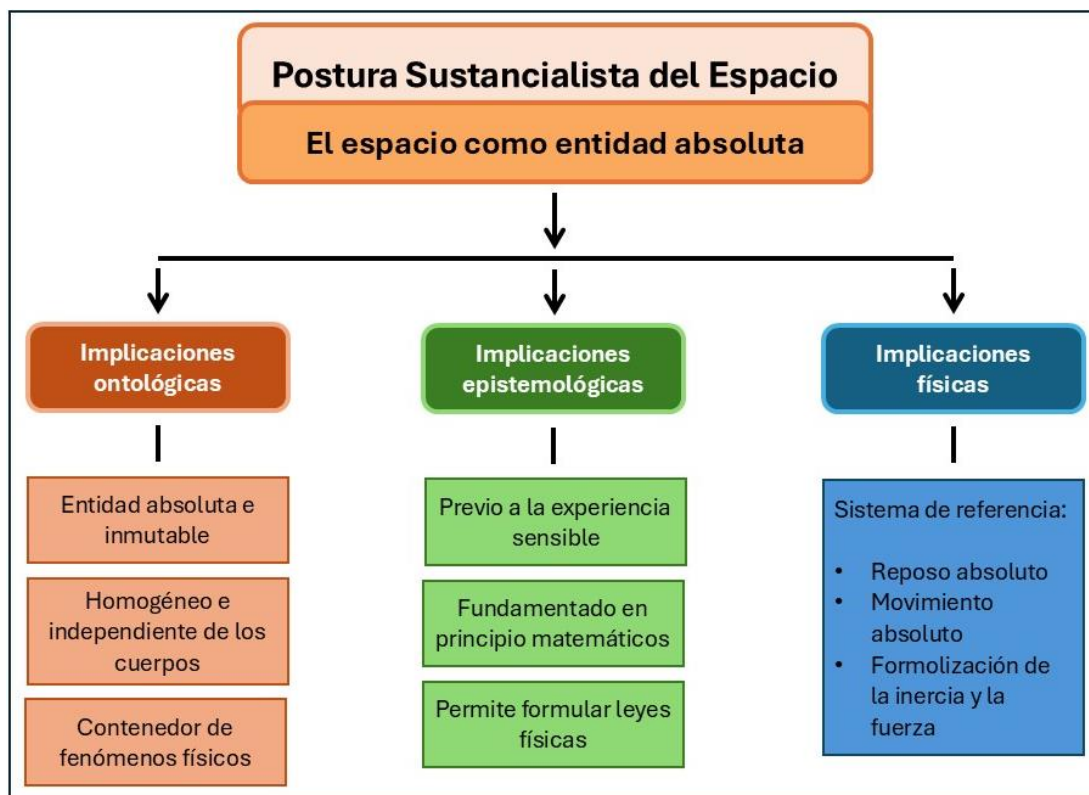
Problematizar la noción de espacio absoluto, como sistema de referencia que permite la descripción y medición del movimiento, reconociendo los supuestos y tensiones epistemológicas que fundamentan la idea de un sistema de referencia privilegiado e independiente de los cuerpos.

- **Descripción de la Actividad**

En esta actividad, los estudiantes se organizarán de nuevo en los grupos de trabajo y, trabajando en equipo, deberán encontrar la manera de argumentar en qué situaciones, de las distintas situaciones que se propondrán en la práctica, es posible afirmar de manera coherente que un cuerpo se encuentra, o no, en movimiento. Esta experiencia se organiza a través de una secuencia de

prácticas progresivas que están organizadas en dos momentos, en los que se busca que el análisis y la descripción del movimiento se vuelvan cada vez más dependientes de la elección acertada de un sistema de referencia estable. El propósito es confrontar al estudiante con una de las concepciones más influyentes y persistentes en la historia de la física: el espacio como una entidad absoluta, de carácter homogéneo y que es previo a la experiencia.

- Contenidos conceptuales abordados



Mapa organizacional de los contenidos conceptuales de la Actividad 2
Elaboración propia

Actividad 2 — ¿Estamos quietos o en movimiento?

Programa: Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Tipo de material: Actividad 2, Unidad Didáctica

Dirigido a: Licenciatura en Física, primer semestre



INTRODUCCIÓN:

En esta actividad se busca que enfrenten el reto de describir, medir y argumentar el movimiento desde una mirada más abstracta y organizada. A partir de experiencias prácticas, explorarán las ideas que han permitido organizar la noción de espacio independientemente de los objetos, acercándonos a una estructura absoluta, homogénea y continua del espacio.

Sin embargo, durante el desarrollo, reconocerán tanto las ventajas explicativas de este tipo de pensamiento como las preguntas y tensiones que también genera. La finalidad es que esta experiencia sirva como puente entre la forma como vivimos y percibimos el espacio en la vida cotidiana y la organización científica que se introduce para explicar fenómenos como el movimiento.

Duración estimada: 90 minutos

Modalidad: grupos de 3 a 4 estudiantes

Materiales: instrumento de medida (un palo de balsa y una cuerda de caucho), un cono de señalización, una tiza o crayola, la guía de trabajo, lápiz y esfero

ORIENTACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

PRIMERA INDICACIÓN: Momento 1, sistema de referencia fijo

Los estudiantes, organizados en los mismos equipos de trabajo de la actividad anterior, se propondrán construir argumentos o afirmaciones que les permitan argumentar en qué situaciones se puede afirmar que un cuerpo se encuentra en movimiento, considerando para esto la noción de sistema de referencia.

Para ello, seleccionen un lugar amplio de entre 10 y 12 metros de longitud (por ejemplo, un pasillo, la cancha o un jardín). En este lugar, establezcan un punto fijo que funcionará como referencia inicial (puede ser una columna, una puerta, un árbol o un asiento), lo identificarán ubicando allí el cono de señalización.

Luego, un integrante del grupo deberá ubicarse exactamente a una unidad de distancia del cono, medida con el palo de balsa, en cualquier dirección. Desde ese punto se desplazará libremente dentro del lugar y luego de un momento (ni muy corto, ni muy prolongado), se detendrá y referenciará esa posición con ayuda de la tiza.

Actividad 2 — ¿Estamos quietos o en movimiento?

Programa: Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Tipo de material: Actividad 2, Unidad Didáctica

Dirigido a: Licenciatura en Física, primer semestre



Finalmente, los demás integrantes medirán la distancia entre el punto de referencia inicial (cono) y la posición final del estudiante, primero con el palo de balsa y después con la cuerda de caucho de goma. Registrando los datos obtenidos, en la siguiente tabla:

<i>Fenómeno</i>	<i>INSTRUMENTO DE MEDIDA</i>	
	<i>Palo de balsa (Unidad)</i>	<i>Cuerda de caucho (Unidad)</i>
Distancia entre el sistema de referencia inicial y la posición final del estudiante.	<i>Medida registrada:</i>	<i>Medida registrada:</i>
Comentarios:		

Ahora, después de terminar el momento práctico, en grupo debatan y contesten las siguientes preguntas:

1. **¿En qué condiciones consideran que es válido afirmar, desde una perspectiva coherente, que un cuerpo ha experimentado un movimiento?** Apóyese en la actividad realizada u otras situaciones similares de su experiencia cotidiana

2. A partir de la experiencia realizada, **¿qué elementos, tangibles o teóricos, consideran indispensables para describir un movimiento de forma clara y objetiva?**

3. De los elementos mencionados anteriormente, **¿Cuáles consideran invariantes (es decir, no pueden cambiar) durante la descripción de un movimiento?**

Actividad 2 — ¿Estamos quietos o en movimiento?

Programa: Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Tipo de material: Actividad 2, Unidad Didáctica

Dirigido a: Licenciatura en Física, primer semestre



SEGUNDA INDICACIÓN: Momento 2, sistema de referencia que acompaña el movimiento

Mantenga la misma región de trabajo y la disposición inicial (un integrante del grupo debe ubicarse exactamente a una unidad de distancia del cono). En esta ocasión, se modificará la forma de interpretar el sistema de referencia.

Además, para esta actividad los movimientos deberán describirse en términos de unidades y direcciones definidas, es decir, de manera similar a como nos ubicamos dentro de un sistema de coordenadas, asignando: unidades en “x”, unidades en “y” y unidades en “z” (por ejemplo, dos unidades en la dirección menos “x” y tres en “z”)

¡Atentos! El cono, que representa el sistema de referencia, ya no permanecerá fijo. Esta vez deberá desplazarse de manera controlada, imitando exactamente el movimiento que realiza el estudiante. Por ejemplo, si el estudiante se mueve dos unidades en una dirección y tres en otra, el cono deberá moverse siguiendo el mismo patrón, con ayuda de otro integrante del grupo.

Al finalizar el recorrido arbitrario que definió el estudiante, midan nuevamente la distancia entre ambos (cono y posición final del estudiante) utilizando el palo de balso y la cuerda de caucho. Registrando los datos obtenidos, en la siguiente tabla:

Fenómeno	INSTRUMENTO DE MEDIDA	
	Palo de balso (Unidad)	Cuerda de caucho (Unidad)
Distancia entre el sistema de referencia inicial y la posición final del estudiante.	Medida registrada:	Medida registrada:
Comentarios:		

Ahora, después de terminar el momento práctico, en grupo debatan y contesten las siguientes preguntas:

1. Si el sistema de referencia se mueve junto con el estudiante y la distancia entre ambos durante el recorrido permanece casi igual:

- Explique, ¿en qué condiciones podríamos afirmar que el estudiante se movió?

- Explique ¿en qué situaciones se podría afirmar que el estudiante se mantuvo en reposo?

Actividad 2 — ¿Estamos quietos o en movimiento?

Programa: Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Tipo de material: Actividad 2, Unidad Didáctica

Dirigido a: Licenciatura en Física, primer semestre



2. A partir de la experiencia realizada, ¿Qué diferencias pudieron encontrar entre el aparente estado de movimiento o de reposo del estudiante cuando el sistema de referencia se desplaza junto con él?

TERCERA INDICACIÓN: Momento 3, sistema de referencia con movimiento inverso

Mantengan la misma disposición inicial: un integrante del grupo debe ubicarse exactamente a una unidad de distancia del cono.

En este momento, el cono también se desplazará de manera controlada, pero en sentido contrario al movimiento del estudiante. Es decir, si el estudiante avanza dos unidades en una dirección “x” y tres unidades en dirección “z”, el cono deberá moverse dos unidades en la dirección “- x” y tres en dirección “- z”.

Al finalizar el recorrido del estudiante, midan nuevamente la distancia entre este (estudiante) y el cono de sistema de referencia, utilizando el palo de balsa y la cuerda de caucho. Registrando los datos obtenidos, en la siguiente tabla:

Fenómeno	INSTRUMENTO DE MEDIDA	
	Palo de balsa (Unidad)	Cuerda de caucho (Unidad)
Distancia entre el sistema de referencia inicial y la posición final del estudiante.	Medida registrada:	Medida registrada:
Comentarios:		

Ahora, después de terminar el momento práctico, en grupo debatan y contesten las siguientes preguntas:

Actividad 2 — ¿Estamos quietos o en movimiento?

Programa: Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Tipo de material: Actividad 2, Unidad Didáctica

Dirigido a: Licenciatura en Física, primer semestre



1. Cuando el sistema de referencia se desplaza en sentido contrario al movimiento del estudiante, ¿qué relaciones encuentran entre: la descripción del movimiento, las condiciones de medición y las relaciones estructurales espaciales?

2. ¿Hasta qué punto la introducción de un sistema de referencia privilegiado, como el espacio absoluto, permite la descripción más precisa del movimiento en este tipo de situaciones?

3. Y, ¿hasta qué punto la introducción de un sistemas de referencia absoluto pueden exceder lo que la experiencia puede justificar?

ACTIVIDAD 3: LA PROBLEMATIZACIÓN DEL ESPACIO ABSOLUTO: UN NUEVO PUNTO DE PARTIDA

Esta actividad contempla el momento de cierre de esta unidad y está orientada a problematizar de manera general la noción de espacio que ha sido construida, cuestionada y reformulada progresivamente en el transcurso de los momentos anteriores. Tras haber explorado el espacio como una experiencia sensorial y local, y luego como una entidad abstracta y absoluta, con esta actividad se invita al estudiante a confrontar dichas concepciones, ahora en correspondencia con una perspectiva relacional. De esta manera, con ayuda de material audiovisual, se busca, uno, reconocer los límites explicativos del espacio absoluto, y dos, pasar a reconocer el espacio como una estructura relacional, dependiente de las interacciones entre cuerpos. De este modo, la dinámica de la actividad se plantea no como una transmisión de contenidos, sino como un escenario de discusión colectiva que promueve nuevas formas de reflexionar y concebir la noción de espacio desde un marco de relaciones entre cuerpos.

- **Objetivo**

Analizar las limitaciones en la formulación del espacio absoluto que surgen de las interpretaciones relacionales en la descripción del movimiento, con la finalidad de reconocer el espacio como una organización dependiente de la relación entre los cuerpos.

- **Descripción de la Actividad**

De las actividades anteriores se ha concluido que para describir el estado de movimiento de un cuerpo se requieren determinadas condiciones específicas, pero fundamentalmente, de la instauración de un sistema de referencia invariante. Sin embargo, dichas experiencias también

introducen una dificultad en la descripción del movimiento que aparece cuando no se cuenta con un sistema de referencia en reposo, ya que en estas ocasiones la descripción del movimiento se torna ambigua. La tensión anterior permite introducir la siguiente pregunta central para iniciar la actividad, que es “*¿Qué es aquello que realmente se mide cuando afirmamos que un cuerpo se mueve, el espacio recorrido entre los cuerpos o las relaciones de distancia que se establecen entre estos?*”.

De esta manera, se logra profundizar en la problematización del espacio absoluto, para luego, a partir del análisis de un material audiovisual, con el que se pretende cuestionar la utilidad de este (espacio absoluto), ampliar una nueva perspectiva del espacio, en este caso, de orden relacional. Con este material (audiovisual) se desea enfatizar y reconocer que todos los movimientos descritos físicamente en realidad son de orden relativo, dado que no existe un marco de referencia universal que pueda garantizarse que está en absoluto reposo.

Esta verificación establece que, cuando un cuerpo se mueve, lo que se cuantifica en realidad no es el espacio en sí mismo, sino la distancia que se establece entre un primer cuerpo (que funciona como sistema de referencia) y los demás (cuerpos respecto a los que se quiere comparar el movimiento). De este modo, la noción de espacio comienza a ser tensionada desde diferentes interpretaciones, abriendo la posibilidad de pensar el espacio, ahora, en términos de una estructura relacional, cuya definición depende de las interacciones que se den entre los cuerpos en particular.

Esta actividad se divide en tres momentos, que son los siguientes:

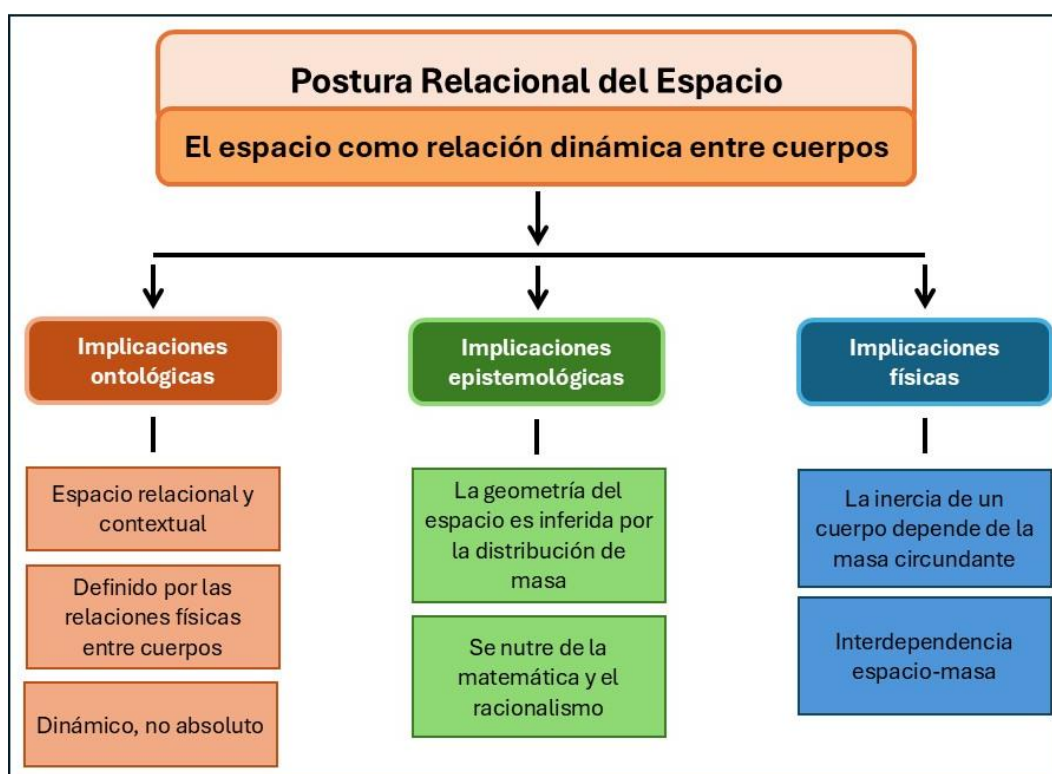
- En un primer momento, se proyectó un material audiovisual que tenía como intención analizar la descripción del movimiento, puntualizando en la importancia del papel del sistema de referencia. Con esto se pretendía formalizar y dar cuenta de cuáles son los supuestos que

se sostienen cuando se afirma un estado de movimiento; el propósito es cuestionar la posibilidad de un marco de referencia de fondo absoluto y homogéneo que permite desarrollar dichas comparaciones, pero que no es susceptible a ninguna medición o comprobación, lo que permite cuestionar los fundamentos ontológicos que se sustentan detrás de esta concepción. Junto a este proceso, se introduce también la crítica al espacio absoluto, propuesta por Leibniz, relacionada con el principio de los indiscernibles, permitiendo generar tensiones en cuanto a las limitaciones conceptuales que se generan alrededor del entendimiento del espacio.

- Un segundo momento que hace parte del material audiovisual consiste en las ideas de pensamiento desarrolladas en el texto *“Tratado de los principios del conocimiento humano”*, de G. Berkeley, esto con el propósito de profundizar en el carácter ontológico de la realidad, y así, lograr profundizar en la problematización del espacio, en cuanto a su dimensión ontológica y su carácter abstracto, reconociendo así el papel interpretativo y racional que está presente en la noción de espacio. De esta manera se desea que los estudiantes logren comprender que el espacio es una concepción, utilizada desde la física, que responde a procesos de elaboración teórica y no constituye una entidad necesariamente tangible, sino que esta se organiza más desde un orden racional. De esta manera se promueve una reflexión crítica respecto de los supuestos epistemológicos que emergen de esta noción.
- Como momento de cierre de esta actividad, se introduce en mención el principio de Mach. Esto como una interpretación alternativa que configura la noción espacial desde una visión relacional, donde las interacciones entre los cuerpos adquieren un papel primordial en la comprensión del espacio. Con esto se busca analizar acerca de concepciones de espacio como una estructura que ya no es ajena a los cuerpos, sino, por el contrario, como dependiente de

las relaciones que se presentan entre estos. Finalmente, los estudiantes deberán elaborar un diagrama, a manera de mapa mental o de ideas, como un producto final que permita reflejar la manera en la que lograron sintetizar e integrar las diferentes concepciones de espacio abordadas durante la unidad, reconociendo así las tensiones ontológicas, epistemológicas y conceptuales asociadas a la noción de espacio.

- Contenidos conceptuales abordados



Mapa organizacional de los contenidos conceptuales de la Actividad 3

Tomado de: elaboración propia

- En el siguiente enlace, se encuentra la presentación que fue organizada y que contiene el material audiovisual que funcionó como herramienta mediadora durante la Actividad 3.

[Presentación actividad 3.pptx - Google Drive](#)

Explorando el Espacio con el Tangram

Programa: Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Tipo de material: Actividad para la Etapa Diagnóstica

Dirigido a: Licenciatura en Física, primer semestre



ANEXO 2

PROPÓSITO:

Explorar y reflexionar sobre distintas formas en las que el grupo comprende la noción de **espacio** a partir de una actividad didáctica con el tangram, en la que se pondrán en juego la observación, la descripción y la representación de las figuras en relación con sus ideas espaciales, así como la justificación de las decisiones tomadas durante la construcción. La actividad invita a tener en cuenta tanto las acciones realizadas como las explicaciones que se elaboran para dar sentido a dichas argumentaciones o supuestos.

Duración estimada: 40 a 45 minutos

Modalidad: grupos de 3 a 4 estudiantes

Materiales: Tangram, guía de trabajo, lápiz y esfero

PRIMER MOMENTO:

Instrucciones

1. Haciendo uso de las piezas del tangram construyan una figura, esta puede representar, entre otras posibilidades, un animal, una persona o un objeto, según su elección.
2. Realicen un dibujo de la figura construida, procurando conservar la simetría y organización de las piezas.
3. Respondan de manera clara y argumentada las preguntas que se presentan a continuación, pueden justificarse a partir de la experiencia y de las relaciones espaciales encontradas.

Dibujen la figura que realizaron, y con inspiración en esta, respondan:	Si tuvieran que usar la figura (o el dibujo) para explicarle a otra persona lo que ustedes entienden por espacio , ¿Qué le dirían? Y ¿Cómo usarían la figura?
	¿Qué propiedades o rasgos de la figura consideran que pueden relacionarse con la forma en que interpretan y se refieren al espacio ?



SEGUNDO MOMENTO:

Instrucciones

1. Utilizando todas las piezas del tangram, construyan una nueva figura, solo que en esta ocasión se tiene como condición y restricción que, la figura debe estar dentro del marco original en forma de recuadro. Pueden intentar construir una figura específica o simplemente organizar las piezas de manera tal que encajen correctamente en el recuadro.
2. Realicen un dibujo de la figura construida, procurando conservar la disposición, proporción a escala y organización de las piezas.
3. Respondan de manera clara y argumentada las preguntas que se presentan a continuación, teniendo en cuenta el proceso de organización espacial que encontraron en la actividad.

Dibujen la figura que realizaron, y con inspiración en esta, respondan: 	¿De qué manera el marco del tangram condiciona o facilita la manera en la que, en esta ocasión, construyeron la figura?
	¿Qué relación encuentran entre la figura que construyeron, el marco del tangram que la limita y sus ideas acerca del espacio? Explica tu respuesta.
	Al construir la figura dentro del marco, describe ¿Qué nuevas ideas surgieron o cambiaron en la forma de pensar el espacio en comparación con el momento anterior? Explica tu respuesta



TERCER MOMENTO:

Instrucciones

1. Lean atentamente la pregunta central, cuya respuesta puede ser afirmativa (sí) o negativa (no) respecto a la idea de **espacio**.
2. En función de su respuesta (sí o no), responda la pregunta final de este cuestionario, argumentando cuál es su posición en relación con las ideas acerca del **espacio**.

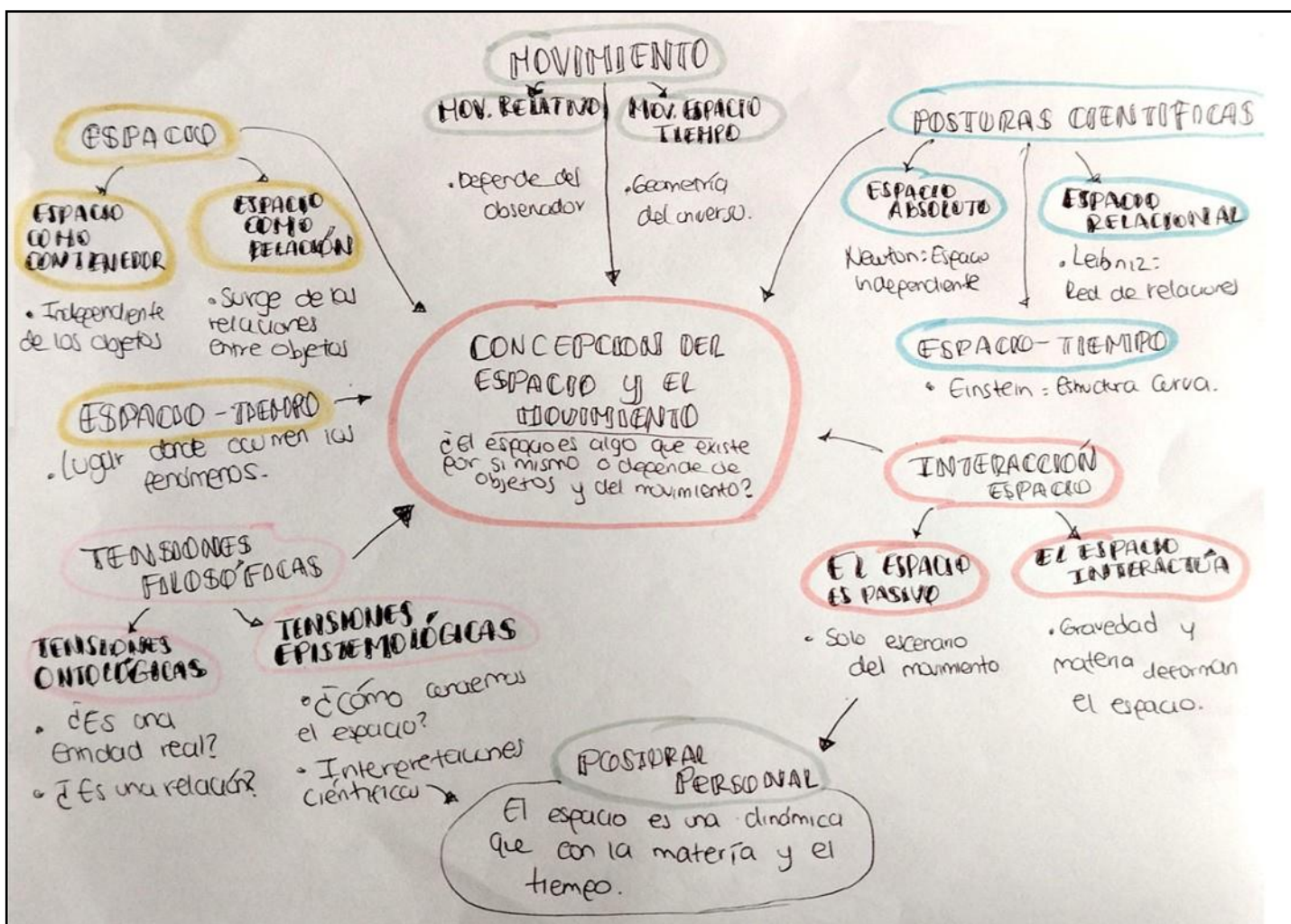
Pregunta central: ¿Consideran que el espacio, tal como lo han descrito para argumentar sus respuestas en los momentos anteriores, puede entenderse como algo tangible o mensurable, es decir, con características comparables o medibles?
Si su respuesta es sí: ¿De qué manera consideran que nuestros sentidos permitan percibir o medir ese espacio?
Si su respuesta es no: ¿Cómo consideran entonces que debería entenderse la idea espacio?

ANEXO 4

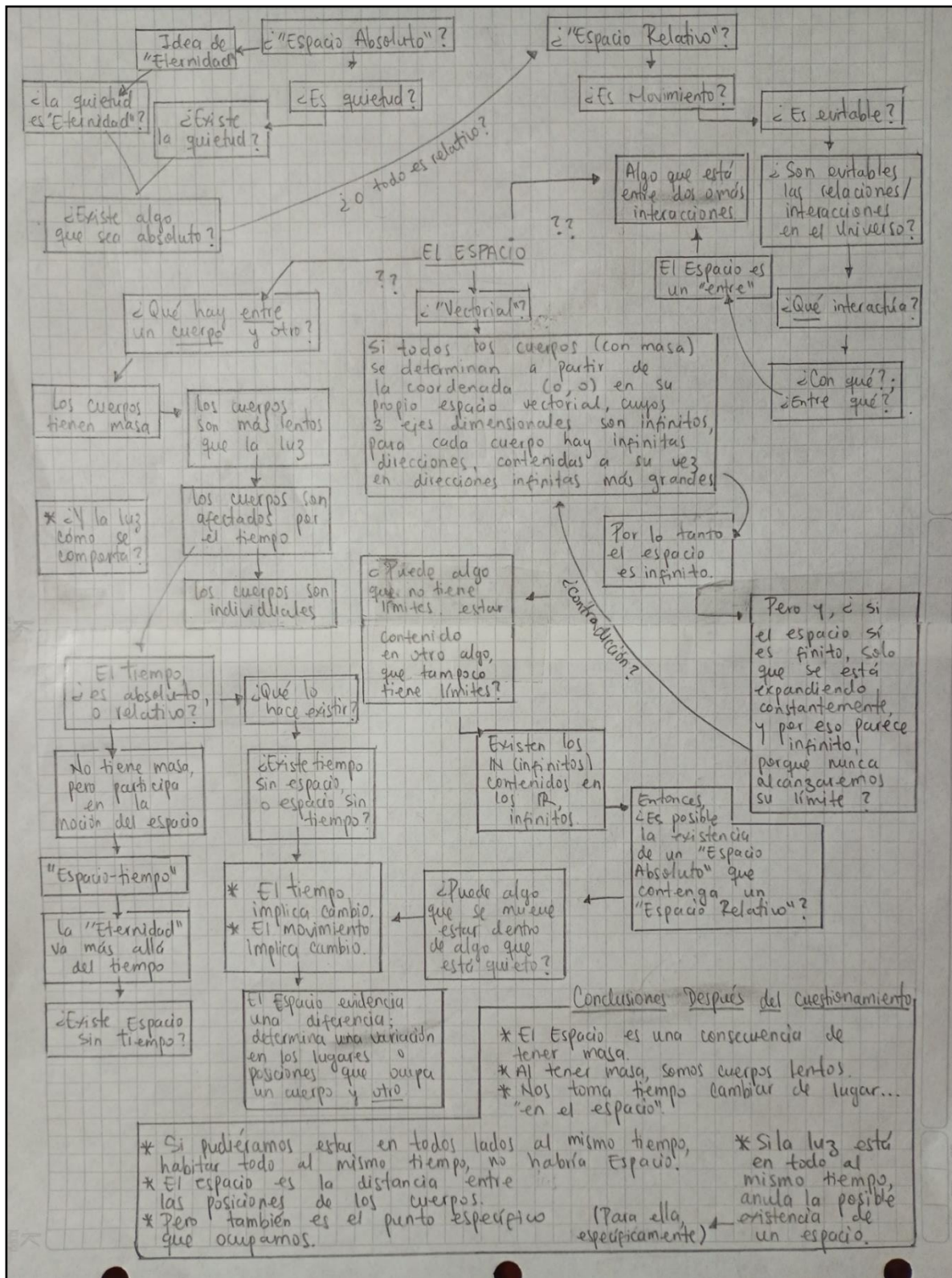
DIAGRAMAS FINALES — ACTIVIDAD 3

A continuación se presentan los diagramas a manera de mapa mental, de lluvia de ideas o conceptual, que construyeron los estudiantes del grupo 2, en el marco del cierre de la actividad 3 de la Unidad Didáctica (implementación piloto).

• Diagrama 1



• Diagrama 2



- Diagrama 3

