UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

LA ECOLOGÍA CONCEPTUAL INDIVIDUAL:
Análisis de cuatro estudios de caso con niños de básica primaria que aprenden los fenómenos de reflexión y dispersión de la luz en el museo de ciencias.

Programa de Maestría:
Maestría en Educación Énfasis Educación en Ciencias Experimentales

Autores:
Carlos Mario Vanegas Ortega
Candy María Fonseca Fernández

Asesores:
Fanny Angulo Delgado
Carlos Arturo Soto Lombana
Carlos Andrés Ríos Uribe

Medellín
2010

A mis hijos, Manuela, Sebastián y Jhailú por su amor, apoyo y comprensión

A mi madre Elvia Cecilia y a mi padre Romualdo por su apoyo incondicional
CANDY

A mi madre, Martha Nelly Ortega, por su amor absoluto
CARLOS MARIO

AGRADECIMIENTOS

Este Informe no se habría podido completar sin la generosa colaboración de muchas personas, amigos e instituciones a quienes expresamos nuestro agradecimiento.

En particular, deseamos extender un especial reconocimiento por sus valiosas contribuciones, por el respaldo incondicional e interés a:

Guillermo Pineda Gaviria, profesor titular del Instituto de Física de la Universidad de Antioquia y coordinador el Proyecto Galileo para el diseño y la producción de recursos didácticos en la enseñanza de las ciencias.

Luz Stella Mejía Aristizábal, Profesora del Municipio de Medellín en la Institución Educativa CEFA. Docente de cátedra de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.

Fanny Angulo Delgado Profesora Titular de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia e investigadora Grupo **GECEM**

Carlos Arturo Soto Lombana Profesor Titular y coordinador Grupo de Investigación de Educación en Ciencias Experimentales y Matemáticas **- GECEM-** de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.

Carlos Andrés Ríos Uribe, Profesor Asociado de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.

La Escuela del Maestro de la Secretaria de Educación de Medellín

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	6
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	6
2.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	9
3. OBJETIVOS	10
3. 1. OBJETIVO GENERAL	10
3. 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4. MARCO TEÓRICO	12
4.1. INTRODUCCIÓN	12
4.2. BASE FILOSÓFICA DEL CAMBIO CONCEPTUAL	13
4.3. LA TEORÍA DE CAMBIO CONCEPTUAL	15
4.4. ECOLOGÍA CONCEPTUAL INDIVIDUAL	18
4.5 COMPONENTES DE LA ECOLOGÍA CONCEPTUAL INDIVIDUAL	20
4.6 PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL	22
4.7 EDUCACIÓN EN MUSEOS	25
5 METODOLOGÍA	30
5.1 TIPO DE ESTUDIO	30
5.2 LA SELECCIÓN DE LOS CASOS	31
5.3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	33
5.4 CRITERIOS DE ANÁLISIS	35
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	44
6.1 EL CONTEXTO FÍSICO DE LA SALA GALILEO INTERACTIVA	44
6.1.1 El contexto: Museo Universitario de la Universidad de	44

Antioquia
6.1.2 La Sala Galileo Interactiva **47**
6.2 CAMBIOS EN LAS COMPONENTES DE LA ECOLOGÍA CONCEPTUAL INDIVIDUAL DE CUATRO NIÑOS DE QUINTO GRADO DE BÁSICA PRIMARIA QUE APRENDEN SOBRE LA REFLEXIÓN Y LA DISPERSIÓN DE LA LUZ EN LA SALA GALILEO INTERACTIVA **52**
6.2.1 El caso de Nancy **52**
6.2.1.1 Nancy en el grupo **53**
6.2.1.2 Análisis Individual **66**
6.2.2 El caso de Andrés **73**
6.2.2.1 Andrés en el grupo **74**
6.2.2.2 Análisis Individual **86**
6.2.3 El caso de Yeny **94**
6.2.3.1 Yeny en el grupo **94**
6.2.3.2 Análisis Individual **104**
6.2.4 El caso de Blas **112**
6.2.4.1 Blas en el grupo **112**
6.2.4.2 Análisis Individual **122**
6.3 LOS CAMBIOS DE LAS COMPONENTES DE LA ECOLOGÍA CONCEPTUAL INDIVIDUAL Y SU RELACIÓN CON LA SALA GALILEO INTERACTIVA **129**
7 CONCLUSIONES **135**
8 RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN **142**
9 REFERENCIAS **144**

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Diseño de los momentos de trabajo con los niños	**35**
Tabla 2: Resumen de las componentes de la ecología conceptual individual de Nancy	**72**
Tabla 3: Resumen de las componentes de la ecología conceptual individual de Andrés	**93**
Tabla 4: Resumen de las componentes de le ecología conceptual individual de Yeny	**111**
Tabla 5: Resumen de las componentes de la ecología conceptual individual de Blas	**127**

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Ilustración de la Base de Datos para el análisis grupal	**37**
Figura 2: Ilustración de la matriz de transcripción	**40**
Figura 3: Ilustración de la matriz de transcripción con la identificación de las componentes de la ecología conceptual individual	**41**
Figura 4: Ilustración de la matriz de relación entre las entrevistas	**41**
Figura 5: Ilustración del trabajo de Nancy sobre la reflexión de la luz y la formación de imagen	**56**
Figura 6: Ilustración del trabajo de Nancy sobre las cucharas	**57**
Figura 7: Ilustración del trabajo de Nancy sobre la formación del arcoíris	**61**
Figura 8: Ilustración del KPSI de Nancy	**73**
Figura 9: Ilustración del trabajo de Andrés sobre la reflexión de la luz y la formación de imagen	**77**
Figura 10: Ilustración del trabajo de Andrés sobre las cucharas	**79**
Figura 11: Ilustración del trabajo de Andrés sobre las relaciones de la palabra luz en la segunda entrevista	**86**
Figura 12: Ilustración del KPSI de Andrés	**93**
Figura 13: Ilustración del trabajo de Yeny sobre la reflexión de la luz y la formación de imagen	**97**
Figura 14: Ilustración del trabajo de Yeny sobre las cucharas	**99**
Figura 15: Ilustración del KPSI de Yeny	**111**
Figura 16: Ilustración del trabajo de Blas sobre la reflexión de la luz y la formación de imagen	**114**
Figura 17: Ilustración del trabajo de Blas sobre las cucharas	**116**

Figura 18: Ilustración del trabajo de Blas sobre la formación del arcoíris **118**

Figura 19: Ilustración del KPSI de Blas **128**

ÍNDICE DE ANEXOS

(En formato digital)

ANEXO 1 Proceso Convocatoria

ANEXO 2 Formato de Inscripción

ANEXO 3 Autorización y Compromisos

ANEXO 4 Entrevista al creador de la Sala Galileo, Guillermo Pineda

ANEXO 5 Unidad didáctica

ANEXO 6 Base de datos para el Análisis Grupal

ANEXO 7 Entrevista clínica

ANEXO 8 Matriz de transcripción de las entrevistas clínicas

ANEXO 9 Matriz de relación entre las entrevistas para el caso de Nancy

ANEXO 10 Matriz de relación entre las entrevistas para el caso de Andrés

ANEXO 11 Matriz de relación entre las entrevistas para el caso de Yeny

ANEXO 12 Matriz de relación entre las entrevistas para el caso de Blas

1 INTRODUCCIÓN

Durante los últimos veinticinco años, tanto desde la psicología cognitiva, la psicología del desarrollo, la filosofía de las ciencias y desde el estudio de la didáctica de las ciencias, se han realizado diversos trabajos centrados en la descripción y análisis del cambio conceptual. Este campo de investigación aborda el estudio de las concepciones acerca de diversos aspectos del mundo que nos rodea: las concepciones acerca de la luz, la flotación, la gravedad, la rotación de la tierra, la justicia, la moral, por señalar algunos ejemplos; las cuales se articulan y organizan en forma de teorías personales que pueden experimentar un proceso de cambio por enriquecimiento, reelaboración, revisión o reestructuración. Así, el estudio del cambio conceptual analiza las concepciones previas de los sujetos sobre algún concepto de interés, para después examinar el proceso a través del cual éstas varían o se reestructuran.

El trabajo que estamos presentando se centra en el estudio de la ecología conceptual individual y las interacciones que se dan en forma grupal, que operan en un contexto físico como el museo, más concretamente, de ciencias naturales desde la educación formal. Para ello abordaremos, desde una perspectiva de cambio conceptual, el estudio de cuatro casos en profundidad.

Esta investigación pretende, desde la perspectiva sociocultural de aprendizaje y ubicados en un contexto de educación formal, analizar cómo cambian las componentes de la ecología conceptual individual de cuatro estudiantes de quinto grado de básica primaria, en dinámicas de aprendizaje que incluyen al museo de ciencias como recurso educativo.

El marco teórico está constituido por siete numerales relacionados con las cuestiones teóricas de gran relevancia para la fundamentación de nuestro trabajo. Primero, se hace un recorrido de la teoría de cambio conceptual por la

base filosófica de la ciencia. Segundo, se describe la teoría de cambio conceptual propuesta por Posner, Strike, Hewson y Gertzog en el año 1982, su correspondiente revisión y ampliación en el año 1985 y 1992 por parte de Strike y Posner. Tercero, se habla de la importancia y evolución histórica que ha tenido el concepto de ecología conceptual, se revisan los aportes de la psicología cognitiva a los componentes de ecología conceptual, y finalmente, se describen las características de cada una de estas componentes**.** Cuarto, se enmarca la perspectiva sociocultural, se plantea y describe las relaciones que se dan en los grupos bajo los criterios de pertenencia, comunicación y participación. Y en el último numeral, se destaca la relación museo- escuela, los aportes que hace el museo a la educación formal, además se describe el modelo contextual de aprendizaje y la importancia del contexto físico para potenciar el aprendizaje.

Se trata de una investigación cualitativa de alcance explicativo, ya que se quiere ir más allá de la descripción o del establecimiento de relaciones; el enfoque es no experimental con un diseño longitudinal de panel, para lo cual consideramos que el estudio de caso múltiple nos ofrece una perspectiva de trabajo coherente con los objetivos que nos hemos propuesto alcanzar en la investigación. Por su naturaleza, el estudio de caso múltiple hace posible una visión profunda, amplia e integrada de una unidad compleja, la ecología conceptual individual.

El trabajo fue realizado con un grupo de cuatro niños del grado quinto (10 y 12 años) de la educación básica primaria de la Institución Educativa Ciudadela las Américas de la cuidad de Medellín-Colombia, con el fin de analizar los cambios en las componentes de las ecologías individuales, haciendo uso de las actividades de una unidad didáctica sobre los fenómenos de reflexión y dispersión de la luz, en la Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia.

Para caracterizar el contexto físico de la Sala Galileo, que es el primer objetivo de esta investigación, se usaron las notas de campo tomadas en las reuniones con el personal del departamento de comunicaciones del museo, los artículos del Boletín Científico y Cultural del Museo, así como de las visitas guiadas en compañía del profesor Guillermo Pineda, a quien también se le entrevistó.

Se creó una base de datos por medio de estrategias de selección secuencial de videos que recogen 16 horas de trabajo grupal en el museo, se realizó la búsqueda de episodios donde se detectaran prácticas sociales que dieran cuenta de los criterios de participación, comunicación y pertenencia al grupo, es decir, un análisis secuencial que hiciera visibles los cambios en el tiempo de cada estudiante dentro del grupo, y permitiera describir cómo entraban en juego las componentes de la ecología conceptual individual, dando así cumplimiento con el segundo objetivo.

Seguidamente, se utilizaron los resultados de una entrevista clínica aplicada a cada niño antes, durante y después del trabajo grupal en la Sala Galileo Interactiva. Para dar cuenta del tercer objetivo, se diseñaron matrices a fin de caracterizar cómo ante una misma pregunta, con el tiempo, se cambia de una a otra componente, surgen nuevas componentes o cambia la configuración de una misma componente al dar explicaciones a la situación planteada.

Para el último objetivo, se retomaron los resultados del análisis grupal e individual y se hizo un rastreo de los momentos en los que las componentes de la ecología individual de los niños, estuvieron en función de los elementos de la Sala Galileo Interactiva.

Los resultados muestran que los estudiantes realizan reestructuraciones categóricas y cambios en sus supuestos subyacentes en virtud de modificaciones en sus habilidades para resolver problemas y en el uso de técnicas de representación, lenguaje y procedimientos propios de los expertos

y, además, realizan reflexiones con respecto a sus propias creencias y compromisos epistemológicos. Por supuesto, asumiendo la ecología como una supra-estructura intelectual, las componentes encontradas no son iguales en cada caso, ni los cambios descritos se dan por procesos idénticos. Además, el contexto físico de la Sala Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia, contribuyó en la configuración de las componentes de la ecología conceptual de los estudiantes, sobre todo, se halló evidencia de su influencia en las analogías, metáforas, ejemplares e imágenes.

Como recomendaciones, se plantean nuevas perspectivas de investigación derivadas de los resultados de este trabajo, un llamado a adoptar múltiples miradas del cambio conceptual en ambientes de aprendizaje tales como museos, los cuales ofrecen amplias oportunidades sociales por su patrimonio de carácter histórico, científico y artístico. Además, son lugares socioculturales donde las personas se reúnen para experimentar, explorar y ampliar sus formas de relacionarse con el conocimiento.



PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Según Mendoza (1997), poco se ha estudiado la dialéctica de los componentes de la ecología de los estudiantes teniendo en cuenta la teoría de cambio conceptual y utilizando el museo de ciencias como herramienta pedagógica respecto a los fenómenos de la luz.

Gran parte de lo publicado se compone de descripciones de intervenciones en el aula o que se limita a enlistar las concepciones alternativas de los niños con respecto a la luz (Mendoza, 1997; Bendall, 1993; Fetherstonhaugh, 1992; Guesne, 1992). Sobre las componentes de la ecología conceptual, es importante señalar que se han incorporado a este debate las anomalías con los objetos y los acontecimientos, o un comportamiento inesperado, de los fenómenos naturales (Watson y Konicek, 1990); los compromisos epistemológicos que llevan a conclusiones generalizables, en lugar de conclusiones que se aplican a cada caso, las creencias metafísicas y conceptos.

Otros componentes conceptuales de la ecología, como las analogías, metáforas, ejemplos, y las imágenes, son relativamente fáciles de identificar en las conversaciones entre los estudiantes y profesores. Por ejemplo, en la investigación llevada a cabo por Brown y Clemente (1992), se usaron las analogías para facilitar el cambio conceptual. Estos investigadores escribieron sobre el valor de la utilización de analogías por parte de los profesores para posibilitar el aprendizaje de los estudiantes.

Por otro lado, la literatura sobre aprendizaje de ciencias en contextos educativos informales (museos, centros de ciencia, entre otros) es cuantiosa, pero pocos estudios relacionan esas experiencias con los procesos de aprendizaje por cambio conceptual (Vásquez y Manassero, 2007). Las afirmaciones acerca de la eficacia de los métodos recomendados, casi no se respaldan en estudios sistemáticos sobre qué aprender y cuánto se aprendió. Además, algunas de las investigaciones realizadas en el campo de la didáctica de las ciencias, y que fueron seleccionadas como fuentes de información para la investigación sobre cambio conceptual, muestran escasos aportes teóricos con respecto al concepto de ecología conceptual (Mejía, 2006). Esto se constituye en una limitante para el desarrollo de la teoría del cambio conceptual.

Del mismo modo, el análisis conceptual realizado por Mejía (2006) revela que son pocos los trabajos que, en el contexto de la teoría del cambio conceptual, orientan la actividad investigativa hacia el estudio de cada uno de los componentes de la ecología conceptual con lo cual, se señalan perspectivas que abren nuevos caminos a futuras investigaciones en cambio conceptual. Mejía (2006) señala que, sería de interés realizar futuros estudios, en los que sea posible caracterizar la ecología conceptual de los estudiantes, lo que necesariamente conllevaría al diseño y evaluación de instrumentos que permitan tal caracterización.

Por lo anterior, es importante proponer investigaciones que contribuyan a la generación de propuestas de intervención en el aula o fuera de ella, que posibiliten orientaciones en torno a las estrategias de enseñanza que promuevan el cambio conceptual y en las que esté inmersa la categorización de los componentes de la ecología conceptual.

La importancia de ésta investigación se justifica por la formulación de la problemática dentro de la agenda de investigación en la teoría de cambio

conceptual, por las pocas investigaciones realizadas por la comunidad internacional y que tienen relación directa con los componentes de ecología conceptual, que emergen en ambientes informales pero teniendo en cuenta lo formal (el currículo) y por su aporte en la ampliación de la teoría, a través de la articulación con otros campos del conocimiento. Se posibilita además, el desarrollo de futuras investigaciones en la aplicación de la teoría a contextos educativos tanto formales como no formales.

Con esta investigación nos queremos pronunciar sobre el campo teórico, queremos tejer nuevas elaboraciones conducentes a ampliar, delimitar, comparar y diferenciar aún más, los conceptos centrales de la teoría, específicamente a los componentes de la ecología conceptual.

Por otro lado, Kelly y Green (1998) proponen otra óptica de la teoría del cambio conceptual, donde el aprendizaje está asociado a los contextos, el discurso y las prácticas sociales. Desde esta perspectiva sociocultural, el aprendizaje se ve como un proceso de enculturación, en el que la elaboración del conocimiento no es producto de un individuo sino una creación social de los miembros de determinado grupo.

Teniendo en cuenta estos aspectos y la importancia que reviste el concepto de ecología conceptual en el marco de la teoría de cambio conceptual, se considera pertinente investigar cómo emergen las componentes de la ecología en los discursos de los niños, cuando se les somete a una intervención con contenidos de la ciencia, así como también se pretende, a partir del análisis descriptivo y exploratorio, ampliar la comprensión sobre la categorización de estas componentes y las posibles relaciones entre ellas que permiten la orientación del aprendizaje como cambio conceptual.

2.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Atendiendo a lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación:

> *Desde la perspectiva sociocultural de aprendizaje y ubicados en un contexto de educación formal, ¿cómo cambian las componentes de la ecología conceptual individual de cuatro estudiantes, en dinámicas de aprendizaje que incluyen al museo de ciencias como recurso educativo?*

3. OBJETIVOS

3. 1. OBJETIVO GENERAL

Desde la perspectiva sociocultural de aprendizaje y ubicados en un contexto de educación formal, analizar cómo cambian las componentes de la ecología conceptual individual de cuatro estudiantes de quinto grado de básica primaria, en dinámicas de aprendizaje que incluyen al museo de ciencias como recurso educativo.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el contexto físico de la Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia.
- Describir cómo emergen las componentes de la ecología conceptual individual de cuatro estudiantes de quinto grado de básica primaria, cuando interactúan en dinámicas de aprendizaje grupal, durante el desarrollo una unidad didáctica en la Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia, sobre los fenómenos de reflexión y dispersión de la luz.
- Caracterizar cómo cambian las componentes de la ecología conceptual individual de cuatro estudiantes de quinto grado de básica primaria, antes, durante y después de la aplicación de una unidad didáctica sobre los fenómenos de reflexión y dispersión de la luz, en la Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia sobre los fenómenos de reflexión y dispersión de la luz.
- Identificar cómo contribuye el contexto físico de la Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia, en la configuración de las componentes de la ecología conceptual individual de cuatro estudiantes de quinto grado de básica primaria.



MARCO TEÓRICO

4. MARCO TEÓRICO

4.1. INTRODUCCIÓN

Un niño que asiste a la escuela primaria transcurre un promedio de cinco horas diarias en el aula, lo que equivale a 25 horas semanales, de las cuales tres son dedicadas a la enseñanza de las ciencias naturales. Aún así, es allí donde escribe, escucha, reflexiona, interactúa con sus compañeros, aprende o no sobre ciencia. Al respecto conviene decir que, las investigaciones sobre la enseñanza de la ciencia se hacen dentro del ambiente de la escuela, utilizando laboratorios o artefactos donde solamente se limitan a responder cuestionarios preestablecidos en el currículo escolar.

El docente debe tener las herramientas para poder analizar el discurso de la ciencia que emerge, tanto de él como de sus alumnos para posibilitar una buena discusión a la hora de enfrentarse a temas científicos.

Al discutir sobre la ciencia escolar, se involucran muchas teorías sobre la enseñanza y el aprendizaje, sin embargo, por ser la didáctica de las ciencias una disciplina tan nueva aún no hay un consenso sobre que teoría o marco se debería seguir para que sean fructíferas las intervenciones que se hacen con los estudiantes en los ambientes escolares.

La idea es que, los estudiantes se acerquen a las fronteras de la ciencia desde la escuela y adhieran lenguajes que les sirvan de puente para empezar a construir otras teorías y tengan alternativas de explicación con respecto a los fenómenos de la naturaleza.

Dentro de este contexto, la historia y epistemología de la ciencia han permeado teorías de aprendizaje de las ciencias las cuales, tienen relación análoga en el sentido de relacionar como avanza el conocimiento científico con el cambio de conceptos y otros factores en la mente del estudiante.

Dentro de esas teorías se encuentra Cambio Conceptual, el cual ha tenido sus inicios a finales de los setenta y en los años 80´s, y se convierte en objeto de gran interés y poder a la hora de diseñar o utilizar herramientas pedagógicas ya que, posibilita en cualquier entorno hacer un trabajo con los estudiantes en donde entran a jugar sus explicaciones alternativas a la vez que fortalece ese puente entre la ciencia escolar y la ciencia "normal"

> "*Durante el período de la* ***ciencia normal*** *los científicos cultivan un* paradigma *existente que incluya esos conceptos teóricos que la mayoría de los científicos en este campo aprueban"….. En la investigación normal-científica las áreas del estudio y de la teoría crecen constantemente, pero esto se hace cuidadosamente: la mayoría de los científicos prefieren articular esos fenómenos y teorías que el paradigma provea" (Kuhn, 1971, p.24).*

4.2 BASE FILOSÓFICA DEL CAMBIO CONCEPTUAL

Con el surgimiento del constructivismo como punto medio entre el empirismo y el racionalismo, surgen los relativistas con explicaciones e interpretaciones de cómo la comunidad científica convalida las teorías y modelos que surgen en el devenir histórico.

El concepto de conocimiento se modifica como algo que está en relación con la inteligencia humana y con las estructuras pensantes que se adhieren a las que ya se poseen.

En ese contexto, aparecen en los años sesentas teorías epistemológicas con respecto a cómo se da el progreso científico, las cuales permean de manera

significativa los nuevos modelos de enseñanza aprendizaje, problema constante en la Didáctica de las Ciencias.

En esta perspectiva, Teorías como la de Thomas Kuhn (1971) sobre "*La Estructura de las revoluciones científicas"*, la filosofía de Stephen Toulmin (1977) sobre la "*evolución de los conceptos permite dar cuenta de la explicación del cambio científico en términos de cambio conceptual en la historia de la ciencia*" (Camacho, G. et al, 2006), y Lakatos (1978) con su metodología "de los programas de investigación científica" se convierten en la base filosófica que dará origen a diferentes postulados relacionados con el cambio de conceptos en la mente de los individuos producidos o no cuando se hace una intervención educativa de Ciencias Naturales.

Para ilustrar mejor, según (Moreira, 2003) "*se ha considerado fructífero establecer analogías entre los procesos de cambio científico y los modelos que interpretan los cambios que se dan en el aprendizaje de la ciencia"*.

Acudimos a esta reflexión para definir brevemente las conclusiones que sobre el avance de la ciencia presentan Kuhn, Toulmin y Lakatos respectivamente.

Según Klaus Ziegler (2010).

> "*Kuhn describe la historia de la ciencia como un proceso cíclico, con fases de "ciencia normal", en que los científicos establecen cuáles fenómenos son relevantes, y convienen en lo que constituyen explicaciones válidas. Estos periodos entran en crisis cuando se descubren inconsistencias, o simplemente cuando las teorías no pueden explicar los resultados de nuevos experimentos. Sobreviene entonces una revolución y cambia el "paradigma". Aparece una forma totalmente nueva de pensar, la cual da inicio a otro periodo de ciencia normal dentro del nuevo paradigma*."

Entre tanto, para Lakatos, "*todo programa de investigación científica tiene núcleos centrales resistentes al cambio, y a lo máximo que se lograría con las propuestas teóricas que contradicen el programa, sería a rechazar hipótesis*

auxiliares que podrían fácilmente sustituirse sin alterar lo esencial. El progreso científico más bien se produce por competencia entre programas, de tal forma que hay que considerar simultáneamente las desventajas de lo viejo y las ventajas de lo nuevo. Se evalúan los progresos o degeneración de los programas de investigación." (En Historia y epistemología de las ciencias, 1993, pág. 333)

Por último, Toulmin propone la representación evolutiva de los conceptos científicos la cual, permite explicar cómo se forma esa legado conceptual y lingüístico al que se enfrenta el sujeto en sus procesos de desarrollo y enculturación, él plantea un proceso de transmisión de contenidos de la cultura científica en el tiempo, que hacen las diferentes generaciones científicas al que llama enculturación:

> *"Así el contenido de una ciencia se transmite de una generación de científicos a la siguiente por un proceso de enculturación" (Mejía, 2006)*

Otro aspecto a resaltar en Toulmin es la construcción de aproximaciones de significados que construye el sujeto de los conceptos, las cuales están determinadas por la "*ecología intelectual"* en la que él se mueve.

4.3. LA TEORÍA DE CAMBIO CONCEPTUAL

En los últimos 30 años, la Didáctica de las Ciencias ha tratado de acercar el aprendizaje de la Ciencia con el quehacer de los Científicos, surgen así modelos de aprendizaje que tengan relación con esta iniciativa.

Entonces resulta que, a finales de los setentas se reúnen en la Universidad de Cornell un grupo de educadores y filósofos, entre ellos se encontraban Posner

y Strike, los cuales a comienzos de los ochenta dan a conocer la propuesta seminal de lo que se conoce como Cambio Conceptual.

Según la historia, los autores analizan la literatura sobre concepciones alternativas y no encuentran un modelo de aprendizaje que dé cuenta del cambio en las concepciones que van teniendo las explicaciones sobre los diferentes fenómenos naturales.

Partiendo de este problema, piensan en hacer una analogía con los postulados que presentaban Kuhn y Lakatos sobre el progreso científico y es así como dan inicio a los fundamentos de su propuesta de cambio conceptual, basándose principalmente en los aportes proporcionados por la historia y la filosofía de las ciencias.

Gil (1992, en historia y epistemología de las ciencias, 1993), plantea que el cambio conceptual en los estudiantes no solo tiene que ver con los conceptos sino que se involucran aspectos relevantes como son los axiológicos, metodológicos y ontológicos.

> "*…. los cambios conceptuales van acompañados de cambios simultáneos en los campos axiológicos, metodológicos y ontológicos*".

Para que el cambio conceptual tenga lugar, según López (1990), deben ser satisfechas cuatro condiciones:

> "1. *Debe existir una insatisfacción con las concepciones existentes. Es improbable que científicos y alumnos hagan cambios radicales en sus conceptos, a menos que perciban que algunos cambios no funcionan más.*
> *2. Una nueva concepción debe ser inteligible. El individuo debe ser capaz de entender el nuevo concepto lo suficiente para explorar sus posibilidades.*
> *3. Una nueva concepción debe parecer inicialmente plausible. Cualquier nuevo concepto adoptado, debe por lo menos parecer tener la capacidad de resolver los problemas generados por sus predecesores.*

4. Una nueva concepción debe sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero. El nuevo concepto debe tener el potencial de ser extendido a otras áreas, de abrir nuevas posibilidades. "

Se deduce que, el Cambio Conceptual se produce en la medida que la nueva concepción resulte inteligible, plausible y fructífera para la persona.

En la Didáctica de las Ciencias podemos observar dos influencias marcadas con respecto a cómo se aprenden los conceptos de Ciencias, una de ellas es la que proviene de la Historia y la filosofía de la Ciencia y la otra deriva de la psicología cognitiva, es por ello que, a Gregory Kelly (1997) le parece importante hacer esta distinción y por lo tanto, "*logra caracterizar el campo de investigación de cambio conceptual, que se fundamenta en los desarrollos de la historia y filosofía de las ciencias, en* términos de un programa de Investigación lakatosiano" "*con un centro firme*" el cual, según Soto (2003), *se puede formular a partir de los siguientes cuatro enunciados:*

- *En Cambio Conceptual las buenas razones para el cambio o selección de una teoría provienen de la epistemología*
- *En Cambio Conceptual el estudio de las formas de producción científica de frontera es fuente de evidencias para entender el aprendizaje de las ciencias*
- *En Cambio Conceptual el aprendizaje está en función de la Ecología conceptual del aprendiz*
- *En Cambio Conceptual el aprendizaje de las ciencias es un proceso de Enculturación Científica*

Si en el Cambio Conceptual el aprendizaje está en función de la Ecología Conceptual del que aprende, es importante entonces pensar que existe un entorno o nicho en donde los conceptos se enlazan a otros procesos cognitivos los cuales ayudan a fortalecer las ideas y le dan sentido a los procesos de

aprendizaje. En este punto se puede destacar que, "*Strike y Posner (1992) proponen que este entorno cognitivo no es solamente un factor donde las concepciones se ubican, sino que es, también, un factor que se transforma con el cambio conceptual." Siguiendo a* (Bello, 2004). *A este entorno "Strike y Posner (1992) lo denominan "ecología conceptual, con lo cual denotan la estrecha interdependencia entre todos los factores conceptuales y cognitivos "*

4.4. ECOLOGÍA CONCEPTUAL INDIVIDUAL

> *"La ecología conceptual dirige nuestra percepción y nuestras representaciones mentales sobre el mundo, por consiguiente, su función es elegir con respecto a las explicaciones cotidianas y científicas, cual es la explicación que satisface sus propios requerimientos"*. (Bello, 2004)

Existen situaciones que particularmente se dan en los procesos educativos, las cuales permiten que afloren en el discurso explicaciones cotidianas, citadinas, populares, por lo tanto se deben buscar diferentes mecanismos, estrategias y herramientas que logren cambiar o más bien adicionar en el discurso que emerge, otro tipo de explicaciones, que si nos referimos a las clases de Ciencias, éstas se acerquen en lo posible a las explicaciones que hace la ciencia.

Dentro de este marco, algunos autores afirman que la ecología conceptual es la que presiona las explicaciones ante una situación determinada, y que el aprendizaje se dará entonces en el individuo en la medida en que cambie su ecología conceptual.

Para Mejía (2006), El concepto de ecología conceptual[1] reviste gran importancia para la teoría de cambio conceptual, en el ámbito de la didáctica de las ciencias. Precisa advertir que la ecología conceptual se entiende en la medida que se visualizan los componentes que la contienen: *anomalías, analogías, metáforas, compromisos epistemológicos, creencias metafísicas, otros conocimientos* (Posner et al, 1982) *ejemplares e imágenes, experiencia pasada* (Strike y Posner, 1992), *motivos, metas y contexto social e institucion*al (Strike y Posner, 1992).

Queremos señalar que, la teoría de Cambio Conceptual evoluciona y se hace más compleja en la medida que los mismos autores y otros teóricos (Mejía, 2006, Moreira, M. y Greca, M. 2003, Kelly, G. y Green, J, 1998) hacen revisiones y consideran diferentes componentes de la ecología.

Llegado a este punto, encontramos autores y didactas cuyas bases para sus teorías del aprendizaje derivan de la psicología cognitiva (Chi et al, 1994, 1995; Vosniadou y Brewer 1992,1994) los cuales, pueden aportar a la complejidad de la teoría de Cambio conceptual cuando proponen que:

> "*existe una estructura conceptual en el campo de las representaciones, que es consistente con la teoría de cambio conceptual y a partir de la cual se puede explicar un fenómeno desde los compromisos ontológicos y epistemológicos*."

Dentro de estos autores destacamos a Chi (1992) quien plantea que:

> "*todas las personas clasifican los objetos del mundo en distintas categorías ontológicas, que tienen sus propios atributos o propiedades determinadas, mediante las cuales se interpreta el mundo*"

1 Según Mejia (2006), el concepto de ecología conceptual, en su historicidad devela una actividad dinámica y cambiante lo que permite una elaboración permanente de sus componentes y una visibilización de las relaciones posibles entre sus partes. Desde esta perspectiva, el concepto de ecología conceptual no es el resultado de una construcción teórica, producida en un tiempo y lugar determinados, tampoco es una construcción surcada por continuidades o adiciones, por el contrario, es una construcción teórica que emerge, se despliega y se elabora.

Según Bravo y Pesa (2005, pág. 147), las categorías a las que hace referencia Chi se pueden catalogar así:

> *"Materia, procesos y estados mentales".* Más adelante explican que "c*ada vez que nos enfrentamos a un objeto, hecho o fenómeno "nuevo", lo categorizamos ontológicamente atribuyéndole una serie de características propias de la categoría a la cual lo hemos asignado. Estos procesos son en gran medida implícitos y ayudan a hacer el mundo más controlable y predecible."*

4.5 COMPONENTES DE LA ECOLOGÍA CONCEPTUAL INDIVIDUAL

Entendemos las componentes de la ecología conceptual, como aquellos factores principales que constituyen la ecología conceptual de los individuos. Para la caracterización de los componentes, hemos considerado la investigación llevada a cabo por Mejía (2006) sobre la evolución del concepto de ecología conceptual y de sus componentes. Se destacan los siguientes:

Compromisos Epistemológicos: Ideas explicativas y visión sobre la naturaleza del conocimiento. Describir la base sobre la que alguien justifica su convicción de que una pieza de conocimiento es cierto, y cómo él justifica su razonamiento al responder una pregunta; pueden ser ideas exploratorias, visiones, temas que constituyen explicaciones satisfactorias y visiones generales sobre el conocimiento.

Creencias y conceptos metafísicos: Ideas metafísicas sobre la ciencia, conceptos metafísicos de ciencia, por ejemplo creencias en torno a la universalidad de los conocimientos científicos, a la objetividad absoluta de la ciencia o el conocimiento científico como esencia de la naturaleza. Están referidas al conjunto de creencias de la ciencia como el orden, la simetría y la no aleatoriedad del universo, importantes en el trabajo científico y que desde, el

punto de vista epistemológico, permiten que se rechace o acepte determinado tipo de explicación. Por su parte, los conceptos metafísicos son conceptos que no tienen cualidades físicas, son creencias de la naturaleza última del conocimiento y son inmunes a refutación empírica.

Anomalías: Cuando una persona percibe que los argumentos que tiene, con base en sus conceptos previos, no son suficientes para explicar una situación o fenómeno, son consideradas como aquellos aspectos o situaciones que salen del marco de explicación de una persona.

Analogías y metáforas: Elementos representacionales de apoyo que permiten a los sujetos crear condiciones para la comprensión de un concepto, son esenciales para sugerir nuevas ideas y para hacer que sean entendibles.

Ejemplares e imágenes: Prototipos, esquemas previamente construidos para dar cuenta de procesos o mecanismos explicatorios: ejemplos prototipo, experimentos mentales, imágenes y objetos articulados artificialmente.

Experiencia anterior: Implica todos aquellos aspectos que el sujeto ha elaborado para interpretar y conceptuar situaciones, como las que implicaría la comprensión o transformación de un concepto. Ocurre la concepción nueva y parece contradecir la experiencia pasada.

Los conocimientos de otros campos y los conceptos que compiten: Hacen alusión a cómo nuevas ideas pueden ser compatibles con otras, o cuáles son las condiciones para seleccionar conceptos que son más prometedores que otros, es decir más explicativos.

Compromisos ontológicos: según Chi (1992), están referidos a la percepción sensible y experimental que tiene el individuo sobre las cosas materiales y no materiales, diferencia tres categorías la de las cosas materiales que

contemplan lo natural y artificial, la categoría de estados mentales, que considera lo emocional e intencional y la categoría de procesos en donde se encuentran procedimientos, eventos e interacción.

4.6 PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL

La perspectiva socio-cultural sobre el aprendizaje propuesta por Kelly y Green (1998), "*contribuye a la comprensión del Cambio Conceptual como un proceso socio-cultural complejo determinado por la dinámica de los grupos sociales"*. El énfasis en el proceso de construcción del conocimiento se ubica en lo social; es decir, la elaboración del conocimiento no es producto de un individuo en particular, sino que es una creación social que comparten los miembros de determinado grupo, proporcionándole ideas, pensamientos, creencias, imágenes y pautas de comportamiento sobre ese "mundo" compartido.

Esto quiere decir que, lo que se aprende es específico y está arraigado de la situación en la que se aprende. Esta perspectiva sociocultural, ve el aprendizaje como un proceso de inculturación dentro de una comunidad, que se refleja en la participación de los diversos procesos de ésta, como el discurso, la práctica y el pensamiento.

Cabe señalar que, según Kaartinen y Kumpulainen (2002), desde una perspectiva situacional los investigadores tienen como método de investigación, realizar análisis a nivel micro de las interacciones de los estudiantes a través de su participación y comunicación en un periodo de tiempo. La unidad de análisis es la actividad colectiva construida por los individuos. En el aprendizaje de las ciencias por ejemplo, los análisis se concentran en la construcción de explicaciones y en la interacción dentro del contexto sociocultural.

La investigación sobre los aspectos del cambio conceptual aplicado al enfoque sociocultural, implica tres aspectos principales relacionados entre sí. El primero es que el cambio no se concibe en términos de modificaciones de las estructuras conceptuales, sino más bien en términos de un cambio en la incorporación de éstas. La diferenciación de los contextos, el discurso y las prácticas sociales, así como la participación con éxito en los contextos, se convierte en la esencia del aprendizaje conceptual (Wertsch, 1998).

El segundo aspecto, conectado directamente con el primero, es que los conceptos no deben ser concebidos como entidades mentales dentro de nuestras cabezas, que reflejan las representaciones internas del mundo, sino más bien como parte de las prácticas sociales en las que la gente participa. Lo que significa que en la comunicación que se da en el proceso educativo, se deben emplear varias herramientas discursivas tanto conceptuales como físicas. Las primeras se refieren a la apropiación de nuevos modos de racionamiento basados en el uso de conceptos tales como fuerza, energía, luz, entre otros, que se definen de manera particular dentro del discurso y practica de una comunidad de científica. Entre tanto las segundas tienen que ver con artefactos como calculadoras, las unidades de medición, y equipos que son productos de las actividades sociales humanas.

El tercer aspecto presenta el argumento de que el aprendizaje es esencialmente un fenómeno social y por lo tanto, debe ocurrir en los entornos sociales y físicos en los que los estudiantes enfrenten los problemas que emergen de su cotidianidad y además, en donde encuentren registros lingüísticos específicos adecuados para pensar y actuar dentro de una disciplina.

Criterios de análisis de lo grupal

Un grupo de estudiantes, conversando, discutiendo; uno de ellos de pie, otro sentado. Se escuchan sus conversaciones amigables, pero también se percibe el gesto de quien discute y argumenta; uno puede estar explicándole a otro, mientras hay quien parecen no prestar atención a nadie... ese es un universo de estudio. Un contexto, donde un grupo de estudiantes trabajan juntos, intentando aprender física.

Por la anterior, la unidad de análisis no es el individuo, sino más bien la actividad del individuo situado en el entorno social y la mediación de las estructuras simbólicas, algunas internas y otras externas. La adquisición del dominio de conocimientos específicos, la solución de problemas, la evolución de los conceptos, los compromisos ontológicos y epistemológicos y la toma de decisiones varían de acuerdo a las prácticas sociales (Billet, 1996). De acuerdo con Mason (2007) estas prácticas sociales se pueden analizar a la luz de los elementos de participación, comunicación y pertenencia de los individuos respecto al grupo. Conviene distinguir cada uno de los elementos mencionados:

Participación

Se da en dos momentos, cuando el sujeto decide tomar parte del grupo y cuando en realidad es parte del grupo. Para que el sujeto quiera tomar parte del grupo deben existir razones motivacionales que lo lleven a desarrollar las actividades de éste, pero esta participación es exitosa si se llega a ser parte del grupo, lo que es evidente cuando el colectivo centra la atención en las practicas del sujeto bien sea resaltando la importancia de éstas para el desarrollo colectivo o transformando tanto las del individuo como las del grupo. La participación está ligada a los niveles de comunicación.

Comunicación

Depende del uso de los conceptos y las prácticas. Los conceptos son usados como herramientas discursivas para comunicarse con los otros, lo que implica la previa diferenciación de los contextos, del discurso y de las prácticas del grupo. El individuo debe ser capaz de razonar y actuar en el grupo mediantes el uso de las herramientas conceptuales y prácticas que no sean descartadas de entrada, por el contrario, estas deben nutrir las dinámicas grupales u ofrecer otras perspectivas de comunicación a través de expresiones simbólicas y sistemas materiales que afecten los procesos de pensamiento y razonamiento.

Pertenencia

Esta se da sólo cuando el individuo interactúa con los otros integrantes del grupo por medio de la participación y la comunicación validadas en conjunto. Si un individuo toma parte en las actividades del grupo y comunica sus ideas frente a las situaciones que allí se generen, no necesariamente hay pertenencia al grupo, para que esto ocurra, la participación y la comunicación del sujeto deben causar impacto en el las dinámicas grupales, es decir, generar discusión, compatibilizar con otros puntos de vista e incidir en las acciones y decisiones de la mayoría. Es allí cuando el sujeto transforma la manera de ver, hablar y hacer con respecto a situaciones y conceptos que son comunes para el grupo. Se pertenece al grupo cuando las prácticas y conceptos que cambian en él repercuten en cambios similares en los sujetos que hacen parte de él.

4.7 EDUCACIÓN EN MUSEOS

En la actualidad los jóvenes se ven enfrentados más frecuentemente a entornos artificiales alejándolos constantemente del mundo natural.

Lo que importa observar es que, esta situación les puede brindar un cúmulo de explicaciones alternativas del entorno y de los fenómenos naturales.

Estamos de acuerdo con algunos autores que comentan la diversidad que ofrecen los medios y entornos donde los niños y adolescentes crecen y adquieren costumbres, aprendizajes y desarrollo de la cultura.

> "*Actualmente, el medio social ofrece una diversidad cultural y de ocio cada vez más atractivas, de instituciones de educación no formal (parques zoológicos, museos de ciencia y tecnología, granjas-escuela, parques, escuelas de naturaleza, centros de educación medioambiental, jardines botánicos, fábricas e industrias, planetarios, observatorios astronómicos, ferias de la ciencia, entre otros); así como actividades informales sobre ciencia y tecnología (talleres, clubes, asociaciones de todo tipo, centros de ocio, talleres y juegos manipulativos, entre otros.)". (Tomado de revista electrónica de investigación educativa vol. 9, No 1, 2007, pág. 5)*

En el caso de la Didáctica de las Ciencias, las investigaciones cada vez dan mayor importancia al influjo que para el aprendizaje tienen las exhibiciones de museos, parques, entre otros, sin embargo, como lo asegura Vázquez y Manassero (2006): "*la escuela continúa siendo una fuente importante de aprendizaje científico, Las experiencias adquiridas fuera de la escuela constituyen una aportación valiosa para la enseñanza y la organización de la ciencia escolar, pues influyen sobre sus resultados*"

Sumando lo anterior, encontramos la definición de educación científica informal que define La National Science Foundation (2009) como *"actividades de aprendizaje voluntarias y auto dirigidas, para todos; motivadas principalmente por intereses intrínsecos, curiosidad, exploración, manipulación, fantasía, realización de la tarea y la interacción social El rasgo más característico de la educación científica informal es la libre elección"*; aquí hemos de referirnos a los autores Falk y Dierking (1992) quienes proponen un modelo para pensar el aprendizaje, con el fin de proveer una imagen holística del mismo "aprendizaje de libre elección"
Cabe señalar que en este modelo los estudiantes son los que controlan y seleccionan qué y cómo aprenden generando así una "autonomía" de su propio aprendizaje y motivación.

En este sentido, los autores se han concentrado en el estudio de los museos como lugares en donde se producen aprendizajes. Y plantean que en el aprendizaje pueden influir directa o indirectamente unos contextos teniendo en cuenta los estudios que ellos han realizado durante muchos años en los museos, los contextos a los que se refieren los autores son, el contexto personal, el contexto sociocultural y el contexto físico (Falk y Dierking, 2000). Es importante anotar que estos contextos derivan el modelo contextual de aprendizaje.

La importancia del contexto físico en el aprendizaje

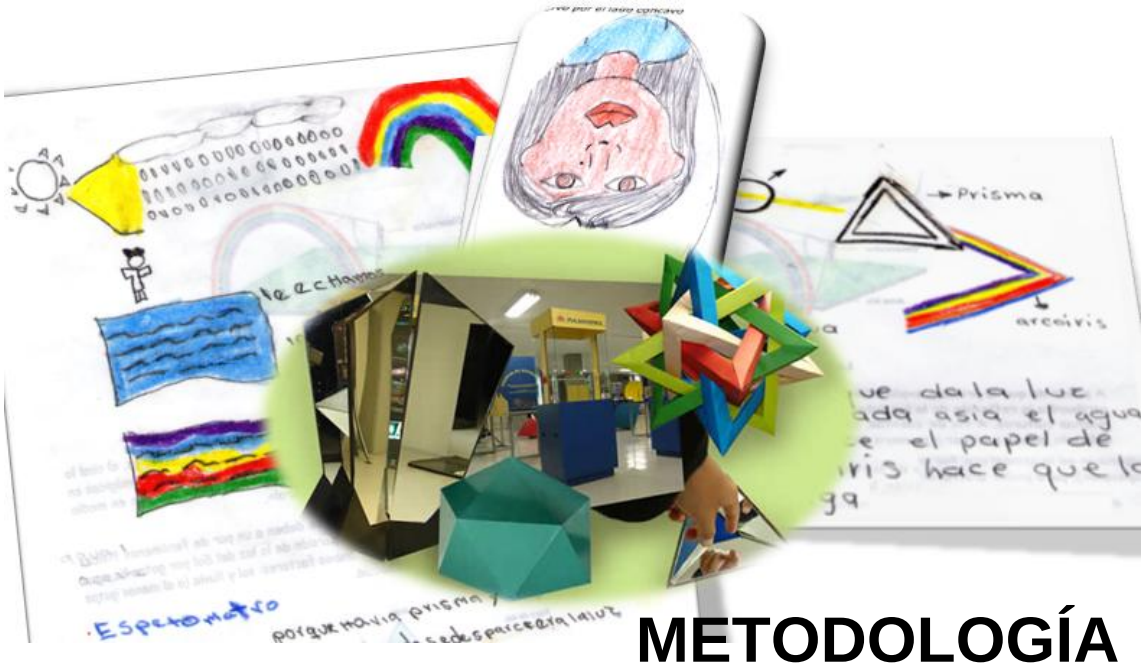
> *"El aprendizaje no solo requiere conocimiento anterior, motivación apropiada y combinación de lo emocional, físico y acción mental, sino que también requiere de un contexto apropiado dentro del cual expresarse. Este siempre está cambiando y siempre es relativo a la persona. Esta es la mayor razón de aprendizaje, que es un proceso de construcción personal y no es posible comprender un aprendizaje sin contexto."* (Falk y Dierking, 1995, p: 16)

Tomando como base el modelo contextual de aprendizaje, nace que, "*aprender no es una experiencia abstracta que pueda ser aislada en un laboratorio, sino que es una experiencia integrada, que sucede y pasa en el mundo real*." (Falk y Dierking, 2000). Los autores plantean que aprender es si un conglomerado de conocimiento el cual, se nutre de variadas fuentes tales como, "*la escuela, periódicos, familia, programas de televisión, películas, observaciones en el mundo y también el museo"*

En este punto se puede destacar el museo ya que según los autores es donde "*los visitantes deciden libremente entrar"* para nosotros es significativa la importancia que tiene dentro del museo el contexto físico ya que es allí donde los niños aprenden ciencias formalmente desde lo informal. Lo que nos lleva a destacar lo que señalan los autores sobre el contexto físico:

> "*el contexto físico incluye, la arquitectura, los objetos y los servicios contenidos en el edificio. Lo que el visitante recuerda, su comportamiento, los puntos en los que fija su atención están fuertemente influenciados por el contexto físico*" Falk y Dierking (1992, pág. 63).

Para precisar cómo es la experiencia de los niños en contextos informales, no es difícil descubrir que tal como lo dicen Falk y Dierking (1992, pág. 86): *"La visita a un sitio como el museo le impone un comportamiento específico y también una interpretación de lo que encuentra en la exposición, es decir, lo que obtiene del museo"*



METODOLOGÍA

5 METODOLOGÍA

A continuación haremos la presentación de la metodología que se utilizó para conducir el análisis, los criterios de selección del universo, los instrumentos de recolección de datos y las respectivas categorías de análisis. A partir de esta información se abordó el análisis y la correspondiente presentación de los resultados, los que se han agrupado en cuatro partes atendiendo a los objetivos específicos de la investigación.

5.1 TIPO DE ESTUDIO

El ámbito de interés de la perspectiva sociocultural sobre el aprendizaje de las ciencias como cambio conceptual, se centra en el estudio de las ecologías conceptuales individuales. La Ecología Conceptual Individual puede definirse como una supra-estructura intelectual de carácter dinámico que posee una persona. Como supra-estructura puede ser estudiada a partir de la caracterización de sus diferentes componentes. Estas componentes se refieren a elementos intelectuales que permiten al individuo codificar la información en términos de ejemplares e imágenes mentales, anomalías, analogías, metáforas y conocimientos ya adquiridos que dan plausibilidad a las explicaciones y fenómenos de la cotidianidad y de la ciencia. No obstante, las principales componentes que ejercen una influencia decisiva para el progreso del cambio de las concepciones tienen que ver con aspectos de corte ideológico, que a manera de creencias metafísicas, compromisos epistemológicos y ontológicos, modelan las realidades del individuo de forma particular.

El diseño metodológico más acorde con este objeto de conocimiento (ecología conceptual individual) es el de la investigación cualitativa, que busca interpretar y comprender la estructura, dinámica y complejidad del sistema

representacional aquí descrito. Siguiendo a Hernández, Fernández y Baptista (2006), se trata de una investigación cualitativa de alcance explicativo ya que se quiere ir más allá de la descripción o del establecimiento de relaciones, es decir, el objetivo es proporcionar un sentido de entendimiento a las ecologías individuales de cuatro estudiantes, y al mismo tiempo, establecer cómo influyen en ellas el uso del museo de ciencias como recurso educativo.

Como se trata de observar los fenómenos que ocurre con los niños tal y como se dan en su contexto educativo, el enfoque es no experimental con un diseño longitudinal de panel, es decir, se recogieron los datos a través del tiempo, con el mismo grupo de estudiantes, para hacer inferencias respecto al cambio en las ecologías individuales.

En el marco de la investigación cualitativa consideramos que el estudio de caso múltiple nos ofrece una perspectiva de trabajo coherente con los objetivos que nos hemos propuesto alcanzar en la investigación. Por su naturaleza, el estudio de caso múltiple hace posible una visión profunda, amplia e integrada de una unidad compleja, involucra el estudio profundo de una entidad singular generalmente a través de observación persistente y entrevistas (Stenhouse, 1985). Demanda una gran diversidad de fuentes de información y de estrategias para el análisis y la triangulación de los datos, en tanto requiere la conciliación de los diversos puntos de vista o perspectivas de los investigadores, con el fin superar el relativismo, posibilitar la fundamentación y buscar la credibilidad y fiabilidad de este tipo de estudios.

5.2 LA SELECCIÓN DE LOS CASOS

El trabajo fue realizado con un grupo de cuatro niños del grado quinto (10 y 12 años) de la educación básica primaria, de la Institución Educativa Ciudadela Las Américas de la ciudad de Medellín-Colombia, con el fin de analizar los cambios en las ecologías individuales, haciendo uso de las actividades de una

unidad didáctica sobre los fenómenos de reflexión y dispersión de la luz, en la Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia.

La selección de temática surge de la convergencia de los conocimientos científicos de los investigadores: una licenciada en ciencias naturales y un licenciado en matemáticas y física. En el campo de la enseñanza de la física, ya se había tenido experiencias, tanto con niños como con adolescentes, que motivaron el enfoque de la investigación con relación a los fenómenos de la luz.

Luego de visitar y analizar tres centros de ciencia de la cuidad, se seleccionó la Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia, por la cantidad de montajes sobre los fenómenos de la luz, pero más importante aún, por la organización, secuencialidad y sencillez de los mismos. Posteriormente, de los fenómenos de la luz se decidió estudiar en el Museo sólo la reflexión y la dispersión, debido a que eran de los que más montajes había en la sala (cuatro para cada uno); lo que permitiría diseñar una ruta museográfica variada, articulada y coherente.

La Institución Educativa Ciudadela las Américas, es el lugar de trabajo de uno de los investigadores. Es de naturaleza pública y ofrece educación de calidad desde el preescolar hasta el grado undécimo, en la modalidad académica. Está ubicado en el barrio Santander de la zona noroccidental de Medellín, sus instalaciones cuentan con área administrativa, biblioteca, auditorio, preescolar, tienda escolar, área recreativa, urbanismo (portería, parqueaderos y cerramiento) y unidades sanitarias.

Para la selección de los niños, se hizo una convocatoria abierta (Ver Anexo 1) a todos los estudiantes del grado quinto de la institución, de la cual recibimos 44 formatos de inscripción (ver Anexo 2), de éstos, sólo 18 entregaron la documentación completa: formato de autorización y compromisos de los padres (ver Anexo 3) y la copia de afiliación a una entidad prestadora de servicios de

salud. Con estos 18 se hizo un nuevo filtro de acuerdo con la historia académica y disciplinaria del alumno en la institución, quedando finalmente 8 preseleccionados a los que se les citó a una reunión de sus padres de familia. A esta reunión asistieron 5 acudientes, a quienes se les mostró un panorama general del proyecto y se establecieron los acuerdos para el desarrollo del mismo. Luego de la primera sesión de trabajo, uno de los padres decidió retirar al niño porque considera peligrosas las condiciones socioculturales de la Universidad de Antioquia. Finalmente, se cuenta con un universo conformado por dos niños y dos niñas, que de ahora en adelante se les llamará Nancy, Andrés, Yeny y Blas.

5.3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos que se utilizan en el estudio de caso, según Yin (2002), provienen mayormente de videograbaciones, entrevistas, observaciones directas, observación participante, documentos y artefactos relacionados. El diseño se considera de tipo cualitativo porque las técnicas que se utilizan para la recopilación y análisis de los datos, tienen como objetivo analizar los cambios en las componentes de la ecología conceptual individual de cada uno de los cuatro niños, cuando estudian la reflexión y la dispersión de la luz en la Sala Galileo Interactiva de la Universidad de Antioquia.

Para cumplir con el primer objetivo de la investigación, se contó con cuatro fuentes de información que ayudaron a caracterizar el contexto físico de la Sala Galileo Interactiva:

- Tres visitas guiadas por el profesor Guillermo Pineda. En la primera, se hizo un recorrido por todos los elementos de la Sala Galileo Interactiva, donde el profesor mostraba la intención pedagógica con la que se diseñó cada montaje. Al contar con la presencia de uno de los asesores de este trabajo, pudimos hacer entre los tres el diseño de la ruta museográfica

seguida durante la investigación. La segunda y tercera visita, se focalizaron en los 8 artefactos que se utilizarían en la intervención, de tal manera el profesor Pineda pudiera dar su orientación en cuanto a la manipulación de las máquinas y los elementos que las constituían.

- Una entrevista semiestructurada al profesor Guillermo Pineda. Está centrada en la génesis de la sala, los objetivos que se tenían al crearla, los usos que se le han dado, el papel de los montajes, de los guías, los visitantes y la labor de los maestros.
- Tres Reuniones con el personal del departamento de Comunicaciones del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia. Estuvieron más en el plano de lo informal, pero arrojaron toda la información sobre la historicidad y características del Museo Universitario y de la Sala Galileo Interactiva, así como de la misión y visión en el contexto sociocultural.
- Revisión de seis números del Boletín Científico y Cultural del Museo Universitario, CODICE. Sirvieron de apoyo a la información registrada en las reuniones con el personal del departamento de Comunicaciones, y que en últimas, fueron suministrados por ellos.

A fin de cumplir con los otros tres objetivos de la investigación, se contó con tres fuentes de información:

- Entrevistas clínicas de cada estudiante
- Videograbaciones de las entrevistas clínicas y del trabajo realizado en el museo
- Los trabajos escritos de los estudiantes que resultaron de la aplicación en el Museo de una unidad didáctica sobre la reflexión y la dispersión de la luz.

Estas han sido organizadas en cinco momentos, según se muestra en la tabla 1.

MOMENTO	1 (Inicio)	2 (Introducción)	3 (Mitad)	4 (Estructuración)	5 (Final)
OBJETO DE ESTUDIO	Ecología Individual	Ecología Individual en dinámicas grupales	Ecología Individual	Ecología Individual en dinámicas grupales	Ecología Individual
MÉTODO	Entrevista clínica a cada estudiante	Análisis del discurso en las video-grabaciones del trabajo en el museo	Entrevista clínica a cada estudiante	Análisis del discurso en las video-grabaciones del trabajo en el museo	Entrevista clínica a cada estudiante
	Contrastación de información con los productos documentales de los estudiantes que resultan del desarrollo de una unidad didáctica sobre los fenómenos de la reflexión y la dispersión de la luz.				

Tabla 1: Diseño de los momentos de trabajo con los niños

La duración total de la intervención fue de dos meses, pero la intervención directa en el museo es de un mes, con una sesión de trabajo semanal de cuatro horas. De acuerdo con la tabla 1, en los momentos 1, 3 y 5 se realizó el monitoreo que permitieron caracterizar cómo cambian las componentes de las ecologías individuales de los estudiantes, mediante la propuesta metodológica desarrollada por Posner y Gertzog, (1982); mientras que en los momentos 2 y 4 se utilizó el análisis del discurso (Hewson y Thorley, 1989), con el fin de describir cómo los niños hicieron uso de las componentes de la ecología conceptual individual para enfrentarse a las situaciones grupales llevadas a cabo en el museo.

5.4 CRITERIOS DE ANÁLISIS

Como ocurre con toda investigación cualitativa, no hay un simple momento en el cual comienza el análisis de la información recopilada, ni un método de análisis de común acuerdo para la investigación de estudios cualitativos de caso. De hecho, el análisis de la información es un proceso reiterativo que comienza cuando se recopila la primera información y continúa a medida que ideas emergentes e hipótesis tentativas dirigen las fases subsiguientes de la recopilación de información.

En esta investigación se usan procedimientos, técnicas e instrumentos que

permiten acceder a estructuras profundas de naturaleza conceptual, ontológica y epistemológica, es decir, que hagan posible la identificación de los componentes de las ecologías conceptuales individuales entendidas como supra-estructura intelectual, y que permitan realizar una interpretación y análisis fiable de la información.

Para caracterizar el contexto físico de la Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia, que es el primer objetivo de esta investigación, se usaron las notas de campo tomadas en las reuniones con el personal del Departamento de Comunicaciones del Museo, los artículos del Boletín Científico y Cultural del Museo, así como de las visitas guiadas realizadas con el profesor Guillermo Pineda y la entrevista realizada a éste mismo (ver anexo 4). La contrastación de esta información permitió redactar un documento que da cuenta de la génesis, los objetivos, los usos pedagógicos, los montajes y la proyección de la sala, así como del contexto en el cual está inmersa: el Museo Universitario.

Con el fin da dar pie al segundo objetivo: describir cómo emergen las componentes de la ecología conceptual individual de cuatro estudiantes de quinto grado de básica primaria, cuando interactúan en dinámicas de aprendizaje grupal, se tiene en cuenta que Hewson y Thorley (1989) investigaron los procesos de cambio conceptual en el aula de clase a través del análisis del discurso, como una base para entender la ecología conceptual individual en el aula, en consonancia con el modelo psicológico de Posner et al. (1982). Además, para Kelly y Crawford (1997) la ecología conceptual debe considerarse como una construcción social creada a través de los acontecimientos, acciones e interacciones de los actores.

El derrotero del trabajo en la Sala Galileo Interactiva está dado por la aplicación de una unidad didáctica (ver Anexo 5), que se diseñó con el objetivo de

desarrollar algunas experiencias y actividades en el museo de ciencias a fin de ampliar el horizonte fenomenológico sobre la reflexión y la dispersión de la luz.

Como se hicieron videograbaciones de las 16 horas del trabajo en el museo, se construyó una base de datos (ver anexo 6), donde se registran cada uno de los momentos en los que alguno o algunos de los niños intervienen, bien sea por medio de expresiones corporales o lingüísticas. Cada investigador hizo una selección de los fragmentos de video, luego se hizo un contraste entre ambos para determinar cómo quedaría constituida finalmente la base de datos.

Para los momentos de las grabaciones que son importantes en esta investigación, la base de datos proporciona para cada fragmento de video, el tiempo de inicio y final, el estudiante destacado, el número del video, el tema de la unidad didáctica que se está trabajando y unas observaciones generales que dan cuenta de lo que ocurrió en la situación y las posibles relaciones de ellas con las componentes de la ecología conceptual individual.

TIEMPO		DESTACADOS	VIDEO	TEMA	OBSERVACIONES
T Inicial	T Final				
28 56	29 53	Nancy	1259	Exploración	Combinación de colores (superposic
49 13	52 40	Todos	1259	Exploración	Reflexión (túnel al infinito) Alex mc
06 10	07 00	Andrés-Nancy	531	Reflexión (2° parte)	Reflexión en varios espejos, discusi
17 40	45 20	Todos	531	Reflexión (2° parte)	Reflexión grupal, liderazgo de N, B r
46 55	48 00	Nancy-Yeny-Andrés	531	Reflexión (2° parte)	Reflexión - imagen, diferencia. Yury
02 15	16 30	Todos	2317	Estudiantes como guías	Dispersión. Quieren darle dinámica
32 30	33 10	Andrés	4257	Dispersión (1° parte)	Dispersión, hace analogía con otro m
36 33	36 58	Todos	4257	Dispersión (1° parte)	Dispersión. Analogía para entender
18 33	20 30	Todos	V 8	Dispersión (inicial)	Colores en el CD. Reflexión de la luz
09 33	09 38	Nancy	V 9	Dispersión	Relaciona los colores del microscopi
14 30	14 55	Nancy	V 9	Dispersión	las partículas son del mismo color, ¿
20 15	20 40	Andrés	V 9	Dispersión	Alude a la información del museo
06 28	07 50	Nancy-Yeny-Blas	V 14	socialización final (equipo)	conceptos involucrados en el monta
09 40	10 44	Andrés	V 15	socialización final (equipo)	Autoevaluación y evaluacion del tra

Figura 1: Ilustración de la Base de Datos para el análisis grupal

Los datos de esta base surgieron por medio de estrategias de selección secuencial, a través de las cuales se realizó la búsqueda de episodios donde se

detectaran prácticas sociales que dieran cuenta de los criterios de participación, comunicación y pertenencia al grupo, es decir, un análisis secuencial que hiciera visibles los cambios en el tiempo, de cada estudiante dentro del grupo, y permitiera describir cómo entraban en juego las componentes de la ecología conceptual individual.

Luego de filtrar la información de la base de datos correspondiente a cada caso, se utilizaron los procedimientos analíticos generales como la inducción analítica y las comparaciones constantes; así como algunas técnicas basadas en el análisis de protocolos verbales, que permiten estudiar el significado lingüístico de las proposiciones y la identificación de las señales de contextualización incluyendo la entonación, el tono, el ritmo, la pausa, la estructura de las ideas, la prosémica, el movimiento y el tiempo.

Además de la revisión detallada de cada uno de los episodios seleccionados para cada estudiante, se complementaron las descripciones a través de los trabajos escritos que surgieron de la aplicación de la unidad didáctica; lo que permitió aclarar situaciones individuales y colectivas que estaban asociadas a los criterios grupales y a las componentes de la ecología conceptual individual.

En cuanto al tercer objetivo, caracterizar cómo cambian las componentes de la ecología conceptual individual de los cuatro estudiantes, se utilizaron los resultados de una entrevista clínica (ver Anexo 7) aplicada a cada niño antes, durante y después del trabajo grupal en la Sala Galileo Interactiva. Este instrumento que fue validado por los asesores y la Doctora Carmen Sánchez, profesora de la UNAM e invitada a la Maestría en Educación; además del sometimiento a un pilotaje con tres niños.

Recordemos que para Posner y Gertzog (1982), autores de las ideas seminales de cambio conceptual, el método clínico utilizado y desarrollado por J. Piaget, se constituye en una poderosa herramienta metodológica para estudiar los

procesos de cambio conceptual que se suceden en el aprendiz. No obstante, el uso de esta técnica de investigación debe ser contextualizada en términos de la trama teórica de cambio conceptual, de las preguntas o hipótesis y en términos de la forma de conducción de las entrevistas.

En la aplicación del método clínico, se tuvieron en cuenta las consideraciones metodológicas que Piaget et al. (1978) formulan con relación al papel del investigador durante la entrevista. Piaget señala la importancia de mantener la conversación en un terreno intelectualmente fecundo, de manera que se pueda hacer seguimiento a las respuestas a través de la conversación y conducirlas mediante preguntas, hacia aquellas zonas críticas que interesa conocer y profundizar. En otras palabras, y desde el punto de vista del investigador, se trata de dejar hablar al niño o niña, buscando algo preciso, en relación con una hipótesis de trabajo o una teoría que se intenta comprobar.

Todas las entrevistas clínicas se realizaron fuera del contexto del Museo Universitario. La primera se hizo antes de la primera sesión de trabajo en el Museo, la segunda se aplicó luego de ocho horas de trabajo en el Museo, es decir, justo en la mitad de la intervención cuando ya se había estudiado el fenómeno de reflexión de la luz, y la tercera, se aplicó cuando ya se había terminado todo el trabajo en la Sala Galileo Interactiva. De esta manera, cada entrevista nos permitía identificar y caracterizar los cambios que se pudieran dar en el tiempo, con respecto a las componentes de la ecología conceptual individual de cada estudiante, y cómo esos cambios están relacionados con las prácticas discursivas y acciones del grupo.

Para la tarea de transcripción de las entrevistas, reducción de datos, codificación y representación de los datos originales, se utilizaron técnicas que permitan focalizar la información relacionada con los rasgos que caracterizan las ecologías conceptuales individuales y que dan cuenta de la manera en que se conforma o desarrolla un entendimiento sobre el aprendizaje de conceptos y teorías científicas.

Se utilizó una matriz para las transcripciones en la que se incluía, de acuerdo con los videos, el tiempo en que iniciaba la intervención del entrevistador, lo que éste preguntaba, el tiempo en que iniciaba la explicación del estudiante y lo que éste respondía. En dichas transcripciones se usaron los símbolos provenientes del sistema de Gail Jefferson y del trabajo de Antonia Candela: Prácticas discursivas en el aula y calidad educativa (1999).

TIEMPO	ENTREVISTADOR	TIEMPO	ESTUDIANTE

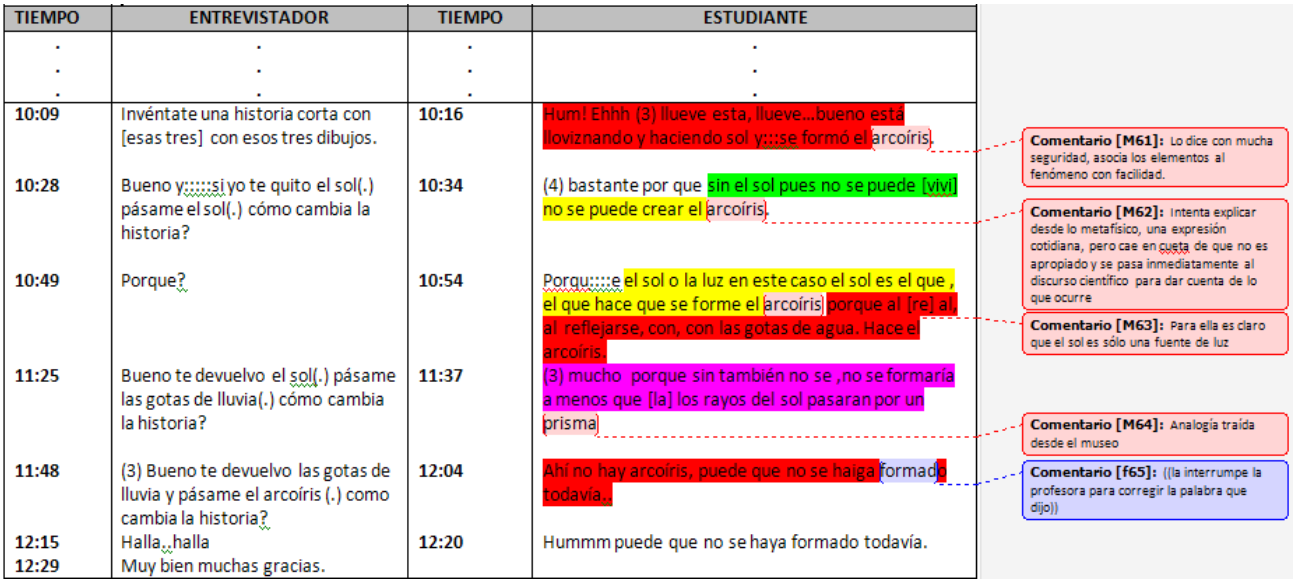
Figura 2: Ilustración de la matriz de transcripción

A continuación, se analizaban las respuestas de los niños y se identificaban las componentes de la ecología conceptual resaltándolas mediante la siguiente convención de colores:

- Amarillo: Compromisos epistemológicos
- Verde Lima: Creencias y conceptos metafísicos
- Turquesa: Anomalías
- Fucsia: Analogías y metáforas
- Azul: Ejemplares e imágenes
- Gris: Experiencia anterior
- Verde: Otros conocimientos
- Rojo: Compromisos ontológicos

Esta identificación de componentes se realizó a partir de las definiciones establecidas en el marco teórico, y fueron sometidas a triangulación de expertos: los dos investigadores y los tres asesores. De esta manera, la matriz de cada entrevista (ver Anexo 8) se iba transformando de acuerdo con los colores antes establecidos y los comentarios al margen de la página que daban

cuenta de las expresiones gestuales de los estudiantes o de explicaciones relacionadas con las componentes de la ecología.



TIEMPO	ENTREVISTADOR	TIEMPO	ESTUDIANTE
. . .	. . .	. . .	. . .
10:09	Invéntate una historia corta con [esas tres] con esos tres dibujos.	10:16	Hum! Ehhh (3) llueve esta, llueve...bueno está lloviznando y haciendo sol y:::se formó el arcoíris.
10:28	Bueno y:::::si yo te quito el sol(.) pásame el sol(.) cómo cambia la historia?	10:34	(4) bastante por que sin el sol pues no se puede [vivi] no se puede crear el arcoíris.
10:49	Porque?	10:54	Porqu:::::e el sol o la luz en este caso el sol es el que , el que hace que se forme el arcoíris porque al [re] al, al reflejarse, con, con las gotas de agua. Hace el arcoíris.
11:25	Bueno te devuelvo el sol(.) pásame las gotas de lluvia(.) cómo cambia la historia?	11:37	(3) mucho porque sin también no se ,no se formaría a menos que [la] los rayos del sol pasaran por un prisma
11:48	(3) Bueno te devuelvo las gotas de lluvia y pásame el arcoíris (.) como cambia la historia?	12:04	Ahí no hay arcoíris, puede que no se haiga formado todavía..
12:15	Halla..halla	12:20	Hummm puede que no se haya formado todavía.
12:29	Muy bien muchas gracias.		

Comentario [M61]: Lo dice con mucha seguridad, asocia los elementos al fenómeno con facilidad.

Comentario [M62]: Intenta explicar desde lo metafísico, una expresión cotidiana, pero cae en cuenta de que no es apropiado y se pasa inmediatamente al discurso científico para dar cuenta de lo que ocurre

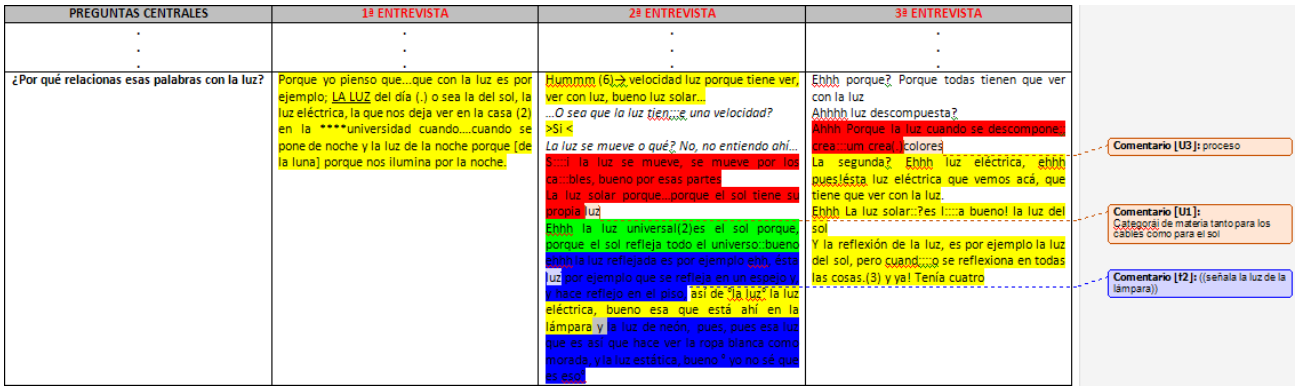
Comentario [M63]: Para ella es claro que el sol es sólo una fuente de luz

Comentario [M64]: Analogía traída desde el museo

Comentario [f65]: ((la interrumpe la profesora para corregir la palabra que dijo))

Figura 3: Ilustración de la matriz de transcripción con la identificación de las componentes de la ecología conceptual individual

Finalizado este proceso, se pasó a conformar la matriz de relación entre las entrevistas, en la cual se puede observar cómo ante una misma pregunta, con el tiempo, se cambia de una a otra componente, surgen nuevas componentes o cambia la configuración de una misma componente al dar explicaciones a la situación planteada. Es con esta matriz que se puede dar cuenta del tercer objetivo.



PREGUNTAS CENTRALES	1ª ENTREVISTA	2ª ENTREVISTA	3ª ENTREVISTA
. . .	. . .	. . .	. . .
¿Por qué relacionas esas palabras con la luz?	Porque yo pienso que...que con la luz es por ejemplo; LA LUZ del día (.) o sea la del sol, la luz eléctrica, la que nos deja ver en la casa (2) en la ****universidad cuando....cuando se pone de noche y la luz de la noche porque [de la luna] porque nos ilumina por la noche.	Hummm (6)→ velocidad luz porque tiene ver, ver con luz, bueno luz solar... *...O sea que la luz tien:::e una velocidad?* >Si < *La luz se mueve o qué? No, no entiendo ahí...* S:::I la luz se mueve, se mueve por los ca:::bles, bueno por esas partes La luz solar porque...porque el sol tiene su propia luz Ehhh la luz universal(2)es el sol porque, porque el sol refleja todo el universo::bueno entonces la luz reflejada es por ejemplo esa, esta luz por ejemplo que se refleja en un espejo y hace reflejo en el piso, así de "la luz" la luz eléctrica, bueno esa que está ahí en la lámpara y la luz de neón, pues, pues esa luz que es así que hace ver la ropa blanca como morada, y la luz estática, bueno " yo no sé que es eso"	Ehhh porque? Porque todas tienen que ver con la luz Ahhhh luz descompuesta? Ahhh Porque la luz cuando se descompone crea:::um crea::: colores La segunda? Ehhh luz eléctrica, ehhh pues!ésta luz eléctrica que vemos acá, que tiene que ver con la luz. Ehhh La luz solar::?es l:::::a bueno! la luz del sol Y la reflexión de la luz, es por ejemplo la luz del sol, pero cuand:::o se reflexiona en todas las cosas.(3) y ya! Tenía cuatro

Comentario [U3]: proceso

Comentario [U1]: Categoría de materia tanto para los cables como para el sol

Comentario [f2]: ((señala la luz de la lámpara))

Figura 4: Ilustración de la matriz de relación entre las entrevistas

Pasando al Cuarto objetivo, se retomaron los resultados del análisis grupal e individual y se hizo un rastreo de los momentos en los que las componentes de la ecología individual de los niños estuvieron en función de los elementos de la Sala Galileo Interactiva. De esta manera, se podía dar cuenta de cómo este contexto físico contribuyó en la configuración de las componentes de los niños en cada caso. Aquí se usa la percepción, que permite reducir toda la información a subconjuntos manejables, evitando el fraccionamiento, la comparación, la contrastación, la agregación y ordenación**,** que ayudan a preparar los esquemas de clasificación, además de la determinación de vínculos y la configuración de relaciones entre constructos**.**



RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para cumplir con los objetivos de nuestra investigación, primero se hará una caracterización del contexto físico de la Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia. Luego se hará el análisis de cada uno de los casos, esto es, describir cómo emergen las componentes de la ecología conceptual individual cuando el niño interactúa en dinámicas de aprendizaje grupal y caracterizar cómo cambian dichas componentes antes, durante y después de la aplicación de la unidad didáctica en la Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia sobre los fenómenos de reflexión y dispersión de la luz. Al final, se identifican las contribuciones que hizo el contexto físico, en la configuración de las componentes de las ecologías de los estudiantes.

6.1 EL CONTEXTO FÍSICO DE LA SALA GALILEO INTERACTIVA

6.1.1 El contexto: Museo Universitario de la Universidad de Antioquia

La Universidad de Antioquia es una institución estatal que desarrolla el servicio público de la educación superior y en virtud de su autonomía, está abierta a todas las corrientes del pensamiento, en el ejercicio libre de la enseñanza, el aprendizaje y la investigación.

El Museo Universitario es una dependencia administrativa de la Universidad de Antioquia, adscrita a la Vicerrectoría de Extensión. Como dependencia universitaria se inscribe dentro de la misión del Alma Mater y se sujeta a los principios, políticas, objetivos y normatividad institucional.

La Universidad cumple, mediante la investigación, la docencia y la extensión, la misión de actuar como centro de creación, preservación, transmisión y difusión del conocimiento y de la cultura. En consonancia, el Museo debe contribuir al cumplimiento de la misión institucional, con el desarrollo de la investigación, la prestación de servicios educativos y realizando actividades de extensión, en las áreas de su competencia.

El Museo Universitario se fundó en 1970, mediante el Acuerdo No. 3, expedido por el Honorable Consejo Superior de la Universidad de Antioquia; es producto de la fusión de dos antiguos museos: el Museo de Ciencias Naturales, creado en 1942 por el profesor Eduardo Zuluaga, y el Museo de Antropología, constituido en 1943 por el profesor Graciliano Arcila Vélez. Por esta misma disposición, y gracias a la gestión del Maestro Carlos Mejía Mesa, se conformó la Colección de Artes Visuales, enfocada en el rescate y la conservación de los valores más importantes de la plástica regional y nacional.

Posteriormente, en 1993 se dio vida a la Colección de Historia de la Universidad en el Edificio de San Ignacio, y en la última década se consolidó el proyecto de “Museo Interactivo”. En el año 2001, la Colección se amplió con la creación de la Sala Galileo Interactiva, catalogada, por el Ministerio de Educación, como una de las catorce maneras de desarrollar pensamiento científico en el país; ha servido de referencia para la creación de otros espacios interactivos de la ciudad. Un espacio que es resultado de un esfuerzo iniciado en 1994 y en el que han trabajado conjuntamente la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y el Museo Universitario del Alma Máter.

> *¨Con este proyecto, la Universidad contribuye a poner a disposición de la sociedad parte del conocimiento necesario para que ella se transforme en algo mejor de lo que es ahora. Una sociedad a la que no se le prohíba tocar porque sabe acariciar¨ (Pineda, 2001: p 23)*

Sus significativos avances en investigación e innumerables aportes culturales y sociales, han permitido distinguirlo como un museo de Cuarta Generación

según los estándares internacionales de los museos, definidos por el Internacional Council of Museums (ICOM). Es decir, ofrece colecciones, servicios, montajes interactivos y es un espacio para la investigación. Una institución museística con un invaluable acervo patrimonial representado en aproximadamente, cincuenta y siete mil objetos pertenecientes a sus colecciones de Artes Visuales, Ciencias Naturales, Historia, Antropología, y a su Sala Galileo Interactiva.

En virtud de su organización y la calidad de sus servicios, obtuvo Mención Honorífica, en el marco del Premio Nacional a Organizaciones Culturales de Excelencia 2007, otorgado por el Ministerio de Cultura de la República de Colombia. Un reconocimiento para una institución forjada en función de sus públicos, en virtud de sus misiones educativas, en defensa de la memoria y en relación con sus objetivos sociales.

En la actualidad, y a merced de su riqueza patrimonial, el Museo Universitario es uno de los escenarios nacionales donde la cultura, la educación, la ciencia y la recreación, se conjugan para brindar una excelente atención al público y construir conocimiento en procura de un desarrollo social sostenible.

El Museo enmarca su accionar en:

- Incidir positivamente en la calidad de la educación.
- Contribuir a la conservación y divulgación de nuestras riquezas ambientales, artísticas, arqueológicas y etnográficas.
- Custodiar el patrimonio cultural y natural que representan nuestras colecciones.
- Servir de campo de práctica para estudiantes de programas académicos que tengan relación con las colecciones.
- Incentivar la investigación en las diferentes áreas que abarcan las colecciones.

6.1.2 La Sala Galileo Interactiva

La Colección de Ciencias Naturales cuenta con 23.888 piezas, entre animales naturalizados, esqueletos, pieles de estudio, minerales, fósiles, e ilustraciones científicas con las cuales se pretende aportar a la divulgación de los recursos ambientales, especialmente de la fauna, y a la concientización sobre la importancia de la preservación y de la conservación ambiental. Alberga importantes fondos, como el Leocadio María Arango, la colección de pieles de estudio de aves, la colección de pieles de estudio de mamíferos, y la colección de mariposas.

Articulada a esta colección, se encuentra la Sala Galileo Interactiva. El nombre de la sala hace referencia al matemático, físico y astrónomo italiano fundador del método experimental, a través del cual es posible conocer los fenómenos naturales de una manera vivencial y comprobable. Esta es precisamente la propuesta de la nueva sala del Museo Universitario: un acercamiento lúdico, didáctico, experimental y divertido a los conceptos de las ciencias exactas. En ella se brinda un conocimiento basado en el asombro que producen los fenómenos naturales, a través de 70 diseños gráficos y 56 montajes interactivos que ilustran las principales características de los fenómenos de la naturaleza, para permitir su comprensión y aplicación en diferentes situaciones de la cotidianidad.

Los montajes muestran deformaciones e ilusiones ópticas que en algunos casos crean espacios infinitos a través de espejos en ángulo recto, espejos que desafían la gravedad o espejos paralelos. Otros de los temas que pueden encontrarse en este espacio son: un teléfono parabólico que transmite sonidos a gran distancia; el volumen de los sólidos y la relación con su forma; la descomposición de la luz a través de los prismas; la propiedades de los gases; la comprobación vivencial de los principios de la inercia y el movimiento; la

visión de los animales; la microscopía; y un acercamiento a los astros que Galileo exploró con su telescopio.

La Sala Galileo Interactiva enseña que la experimentación, además de ser gratificante, es una de las mejores maneras de adquirir conocimiento. Por ello, todos los programas que ofrece corresponden a esta filosofía, rompiendo así los esquemas tradicionales de la enseñanza; ofrece un complemento ideal para el aprendizaje, el conocimiento y la experimentación de la ciencia; sus dispositivos y contenidos se encuentran al alcance de cualquier persona, sin importar sus conocimientos previos o su edad.

Cuando los estudiantes inician el proceso de formación en física no tienen las herramientas matemáticas para enfrentarse a ella, pero hay que darles un panorama general que les permita conceptualizar sobre esta ciencia, para ello se necesita mucho apoyo fenomenológico, lo cual se resuelve con una sala de demostraciones y proyecciones, y fue así como inició este proyecto, el cual luego de ser realimentado desde diferentes perspectivas, ha logrado las dimensiones que tiene hoy.

Los montajes de la sala son muy sencillos, básicos, los elementos del Museo no opacan el conocimiento, el discurso científico; por eso la Sala Galileo Interactiva se puede vincular a una secuencia de enseñanza de la física siempre que estos elementos tan simples se puedan ligar al discurso del maestro, que apoyen la formación, más no que la sustituya con máquinas despampanantes.

Según el profesor Guillermo Pineda, creador de la sala, el museo ha dado todo el apoyo administrativo para su funcionamiento, pero una situación preocupante es el papel que en realidad deben tener los guías. Todas las exhibiciones están diseñadas para que un profesor prepare la visita, prepare a sus estudiantes y sepan qué van a llegar a hacer. La diferencia con otros museos es que esta

sala no se preocupa por la imagen corporativa, el mercadeo, la publicidad o el hacer espectáculos llamativos, su mirada siempre está puesta en lo pedagógico; por eso la sala está diseñada para realizar visitas guiadas por el profesor, no por los guías del Museo.

Esta sala puede potencializar en el aprendizaje de los estudiantes la comprensión de los principios fundamentales de la física, dar explicaciones a situaciones cotidianas a fenómenos de la vida diaria, es decir, apunta a nutrir el horizonte fenomenológico de los educandos.

Cuenta con montajes y diseños gráficos sobre diversos temas relacionados con la ciencia en general, como mecánica, termodinámica, electricidad y magnetismo, biodiversidad, geometría y óptica.

Mecánica: explica la oscilación de un péndulo y el movimiento de los astros, a través de las leyes del movimiento. Termodinámica: enseña las interacciones que producen fenómenos para generar y transferir energía, así como para conservarla. Electricidad: permite establecer una idea clara de lo que es el campo electromagnético y los diferentes fenómenos asociados a él. Biodiversidad: la vida es una estrategia evolutiva expresada en formas, tamaños, colores y comportamientos de cada ser vivo. Geometría: el espacio y las figuras que se pueden realizar en él, que permiten la construcción de modelos físicos y matemáticos de los fenómenos naturales. Óptica: explica las teorías sobre la luz y la formación de los colores, los cuales juegan un papel básico en la comprensión de los fenómenos de percepción.

La Sala Galileo Interactiva es particularmente destacable para el trabajo de los fenómenos de reflexión y dispersión de la luz, con estudiantes del grado quinto de primaria por los juegos de espejos y los prismas que hay allí, los cuales son elementos que a niños de esa edad llaman mucho la atención, además la

variedad de montajes ofrecen diferentes opciones para abordar un mismo fenómeno.

Para efecto de nuestra investigación, la ruta museográfica se ha diseñado de la siguiente manera: trabajar el fenómeno de la reflexión de la luz con el montaje del *espejo plano*, pasando al de la *combinación de espejos*, luego el del *túnel al infinito* y después trabajar en el *espejo cóncavo*. A continuación se trabaja en el montaje de la *dispersión de la luz*, reforzar lo ocurrido con el *espectroscopio*, siguiendo con el *disco de Newton* y finalmente, con el de la *microscopía de los colores*.

Describamos brevemente cada uno de éstos montajes:

Espejo plano: Es un espejo en el que se puede simular una condición de anti gravedad, porque al reflejar la mitad del cuerpo de alguna persona u objeto y realizar movimientos, da la impresión que estuviese flotando.

Combinación de espejos: Es un sólido de cuatro caras, donde cada una de éstas tiene dos o más espejos colocados con ángulos diferentes, uno a continuación del otro. Se ve cómo varía la cantidad de imágenes y los cambios en éstas a partir del número de espejos y del ángulo que hay entre ellos.

Túnel al infinito: Una columna de madera es dividida en varios cubos mediante espejos paralelos. Se hace un orificio por donde entran luces de colores que al reflejarse en cada una de las caras de los cubos da la sensación de un túnel infinito.

Espejo cóncavo: Un bombillo esmerilado se coloca en la distancia focal de un reflector o espejo parabólico. Como en una parábola los rayos que salen del foco convergen en el foco, se forma una imagen real e invertida del bombillo.

Dispersión de la luz: Hay una fuente de luz, un prisma que hace las veces de rendija que provee un haz colimado, el cual entra a otro prisma que lo descompone permitiendo observar todos los colores del espectro.

Espectroscopio: Permite analizar el espectro de emisión de una sustancia. Hay una lámpara que tiene un gas que emite un espectro de colores bien definido, el cual es descompuesto por un prisma localizado en el interior del montaje y observado a través de un telescopio.

Disco de Newton: Un disco pintado convenientemente con una serie de colores, se pone a girar mediante un interruptor, observándose que la combinación o superposición de varios colores genera la sensación de un blanco.

Microscopía de los colores: Está compuesto por una pantalla de computador y un microscopio, permite apreciar cómo a partir de tres colores básicos, que son los que componen los pixeles de una pantalla, se puede generar cualquier color. Utilizando el microscopio se puede apreciar que el negro es cuando están apagados todos los pixeles, el blanco cuando está prendidos todos (rojo, verde y azul), en el rojo sólo hay pixeles rojos, en el verde sólo hay pixeles verdes, en el azul sólo hay pixeles azules, con el amarillo están prendidos los pixeles rojos y verdes, con el magenta los rojos y azules, y con el cian los azules y verdes.

Según el creador de la sala, los montajes de ésta son objetos de enseñanza impregnados de connotaciones culturales. Por ejemplo, uno de los objetos que más han llamado la atención es la bicicleta que hay allí, incluso, el famoso ciclista colombiano Martín Emilio “Cochise” Rodríguez ha quedado fascinado y admirado por la forma como se usa allí la bicicleta para mostrar diferentes fenómenos físicos Lo que se quiere exponer es que la ciencia es muy sencilla porque habla de las cosas del mundo, está siempre presente en nuestra vida, nuestra cultura y no se quiere que el ruido del aparataje opaque el mensaje y oscurezca el concepto.

Los objetos de la sala pueden ser transformados en objetos culturales en la medida que sean insertados como elementos propios de los fenómenos que nos rodean, de las situaciones que marcan nuestra cultura y la transforman. Es decir, adaptar las experiencias del museo a los contextos en los que viven los maestros y los estudiantes, y a las situaciones de enseñanza y aprendizaje.

La Sala Galileo Interactiva sirve de campo de práctica para los programas de educación y aprendizaje de las ciencias exactas. Adicionalmente, ofrece una serie de talleres y obras de títeres, encaminados a una mejor compresión de los fenómenos naturales y sus aplicaciones en la vida del hombre. Este espacio convoca, con sus modelos, el acercamiento al conocimiento a partir de los sentidos.

6.2 CAMBIOS EN LAS COMPONENTES DE LA ECOLOGÍA CONCEPTUAL INDIVIDUAL DE CUATRO NIÑOS DE QUINTO GRADO DE BÁSICA PRIMARIA QUE ESTUDIAN LA REFLEXIÓN Y LA DISPERSIÓN DE LA LUZ EN LA SALA GALILEO INTERACTIVA

Para dar cuenta de los cambios en las componentes de la ecología conceptual de los cuatro casos, el análisis está estructurado de forma tal que, primero se hará una breve descripción de cada niño o niña, luego se realizará el estudio de los momentos grupales. Posteriormente los momentos individuales, es decir, un análisis paralelo de las tres entrevistas clínicas, con el fin de evidenciar en el tiempo, los cambios en las configuraciones de las componentes.

6.2.1 El caso de Nancy

Nancy es una niña de 12 años, muy emotiva, inteligente, participativa, colaboradora y responsable, a pesar de haber sido abandonada por una madre drogadicta, la cual le dejó a cargo cuatro hermanitos pequeños. El padre no

consigue trabajo y le toca vivir con sus cuatro hijos donde la abuela de Nancy. Según contaba Nancy, recibía constantes abusos de parte de ésta, lo que la obligaba a permanecer en la calle hasta altas horas de la noche; en ese tiempo se dedicaba a leer en algunas bibliotecas de Medellín y, por otro lado, a consumir marihuana para ser aceptada por un grupo de chicos mayores que ella.

Debido a la situación anterior, la abuela reportó el caso al Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. En este momento Nancy está interna en uno de los hogares del instituto, separada de sus "hermanitos" como cariñosamente los llama, a la espera de una familia que la adopte. Su vida no ha sido fácil, ella comentaba que lo mejor que le había pasado era el trabajo en el museo y conocer la universidad, ya que su sueño es poder algún día hacer una carrera universitaria para sacar a sus hermanos de la "miseria".

6.2.1.1 Nancy en el grupo

Seguiremos el orden pautado en la aplicación de la unidad didáctica, para retomar algunos momentos que fueron destacables en el caso de Nancy durante el trabajo grupal. Este se puede dividir en dos momentos: en el primero se trabajó el fenómeno de reflexión de la luz y ocurrió después de la entrevista clínica 1 y antes de la entrevista clínica 2, en el segundo se trabajó el fenómeno de dispersión de la luz y ocurrió después de la entrevista clínica 2 y antes de la entrevista clínica 3. Las oraciones transcritas en este análisis han sido tomadas de acuerdo con la base de datos para el análisis grupal (ver Anexo 7), haciendo el filtro correspondiente a este caso.

<u>Momento grupal 1</u>

Durante la exploración de conocimientos se ve a Nancy apartada de los demás compañeros, ella hace su propio recorrido y encuentra sorpresa en los

montajes de la microscopía de los colores y en el espejo cóncavo. Sin embargo, cuando se hace la socialización de lo que se había observado en el recorrido por la sala, ella estuvo atenta a lo que decían sus compañeros y les dice lo novedoso que le resultó no encontrar el bombillo en el espejo cóncavo y ¨*cómo se transformaban los colores*¨ cuando se veían a través del microscopio. Aquí se empieza a dar la participación de la estudiante en el grupo, tanto que cuando Andrés habla del túnel al infinito, el grupo se regresa a mirar lo que allí pasa y es ella quien trata de explicarles a todos lo siguiente:

> *¨Eso son unos espejos juntos que reflejan la luz, o sea, cuando la luz del bombillo pega contra los espejos y se ve como si no tuviera fin¨*

Lo anterior empieza a mostrar compromisos ontológicos en la categoría de procesos en los cuales la niña asocia la luz y la reflexión, pero dicho proceso lo concluye con una creencia última de la naturaleza del montaje, asociado a lo metafísico.

En el momento de hacer la introducción a la reflexión de la luz mediante el juego de la pelota que rebota, Nancy compara lo que está ocurriendo con la pelota, a lo que ocurría en la entrevista clínica con la luz del laser cuando era proyectada a un espejo, el uso de esta analogía se ve complementada cuando Yeny afirma que no es exactamente lo mismo puesto que la luz se podía ver tanto en el espejo como en la hoja que recibía el reflejo, mientras que con la pelota que rebotaba no se podía afirmar que estuviese en la pared y en el piso al mismo tiempo. Ante la situación, Nancy asegura que no es lo mismo, pero las trayectorias seguidas tanto por la luz como por la pelota son similares. Ahora su comunicación con el grupo se fortalece cuando proponen que la reflexión de la luz se da sólo en los espejos, ante lo que ella argumenta que no es cierto y les muestra otras superficies que también permiten la reflexión, incluso conduce al grupo hasta un televisor para probarles lo que está diciendo.

En este momento Nancy se convierte en un referente para el grupo, les argumenta que ¨*la trayectoria la pelota depende de la fuerza con la que uno la lance, pero la luz sigue la trayectoria, no se le acaba la fuerza como a la pelota*¨*;* aquí empieza a darle características ontológicamente inmateriales que implicarán cambios epistemológicos en la forma como conceptualiza sobre la luz. ¨*Aunque la luz no se vea, ella está en todas esas partes,…, aunque la luz no se vea ahí está saliendo el rayito normal, pero cuando pega en la pared es que se puede ver*¨, argumenta cuando se pregunta dónde está la luz en el sistema lámpara-objeto, lo que muestra la caracterización de la luz como una entidad invisible en el espacio. Además, complementa: ¨*la reflexión se da cuando la luz entra en contacto con los objetos*¨

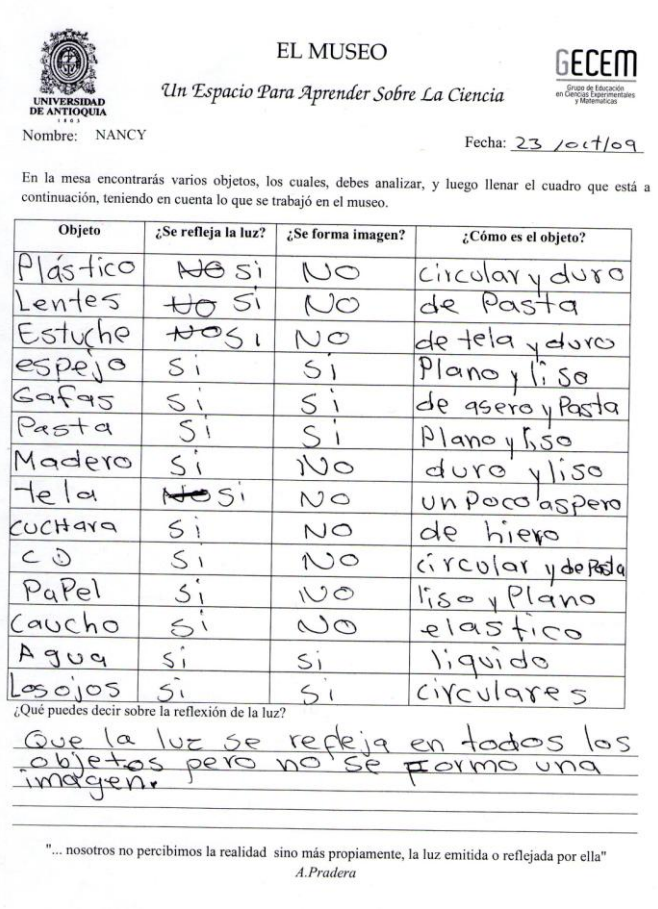
En la actividad donde debían escribir 5 objetos en los cuales se pudiesen ver, Nancy escribe los espejos, los vidrios, el agua, el espectro (refiriéndose a uno de los montajes de la sala) y los metales ¨*porque tienen en común que podemos vernos en ellos, por el reflejo de la luz, si no hubiera luz no se vería*¨. Luego empieza a diferenciar la reflexión, de la formación de imágenes, al explicarle al grupo que en una pared no se forma imagen porque no está hecha del mismo material que los espejos; trata de causar un cambio ontológico en el grupo indicándoles que la formación de imágenes depende del material sobre el cual se refleje la luz.

Cuando nos acercamos al montaje de la combinación de espejos, a Nancy le cuesta comprender por qué en el centro de dos espejos planos que forman un ángulo recto, se forma una doble inversión de la imagen, fenómeno que llega a explicar gracias a la intervención de Andrés, quien le coloca argumento y contraejemplos a lo que ella decía. Este aspecto muestra que es exitosa su pertenencia al grupo, al ligarla a la situación y llevarla a la dinámica grupal mediante situaciones concretas y prácticas discursivas.

Ahora, en el montaje del túnel al infinito, el discurso de Nancy cambia con respecto a lo que dijo en la exploración, se da un cambio ontológico y epistemológico en la forma como explica lo que ocurre allí, ya no se refiere a algo metafísico sino que argumenta a partir del fenómeno de la reflexión de la luz:

> ¨*No es que hayan muchos espejos, sino que dos espejos y una luz hacen que se vea infinito, pero es por la luz que se refleja en los dos espejos, y hace que se vea así*¨

En el trabajo que Nancy hace para estructurar las diferencias entre la reflexión y la formación de imágenes, es evidente que ella ha comprendido que la luz se refleja en todos los objetos pero no en todos se forma imagen.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

EL MUSEO

Un Espacio Para Aprender Sobre La Ciencia

GECEM

Nombre: NANCY

Fecha: 23 /oct/09

En la mesa encontrarás varios objetos, los cuales, debes analizar, y luego llenar el cuadro que está a continuación, teniendo en cuenta lo que se trabajó en el museo.

Objeto	¿Se refleja la luz?	¿Se forma imagen?	¿Cómo es el objeto?
Plástico	~~NO~~ Si	NO	circular y duro
Lentes	~~NO~~ Si	NO	de Pasta
Estuche	~~NO~~ Si	NO	de tela y duro
espejo	Si	Si	Plano y liso
Gafas	Si	Si	de asero y Pasta
Pasta	Si	Si	Plano y liso
Madero	Si	NO	duro y liso
tela	~~NO~~ Si	NO	un Poco aspero
cuchara	Si	NO	de hierro
CD	Si	NO	circular y de Pasta
PaPel	Si	NO	liso y Plano
Caucho	Si	NO	elastico
Agua	Si	Si	liquido
Los ojos	Si	Si	circulares

¿Qué puedes decir sobre la reflexión de la luz?

Que la luz se refleja en todos los objetos pero no se formo una imagen.

"... nosotros no percibimos la realidad sino más propiamente, la luz emitida o reflejada por ella"
A.Pradera

Figura 5: Ilustración del trabajo de Nancy sobre La reflexión de la luz y la formación de imagen

En una sesión posterior, se les coloca a los niños a llenar el cuadro anterior pero en forma grupal. En este caso Nancy se convierte en la líder del grupo, los corrige, los cuestiona y usa diferentes ejemplos para ayudarlos a entender lo que está ocurriendo. Hay un momento donde percibe que sus compañeros no tienen clara la diferencia de la reflexión de la luz con la formación de imagen, por lo que toma diferentes elementos de su alrededor para ayudarlos a razonar. Cuando Blas dice que ¨*uno se refleja en cualquier objeto*¨, lo corrige: ¨*usted no se refleja en cualquier objeto, es la luz la que se refleja, no usted*¨. Durante este diálogo Nancy es muy insistente en el tipo de conclusiones a las que se llegan, incluso es la que pone de acuerdo al grupo y emite una conclusión final.

> ¨*Yo lo que veo es que la luz se refleja en todos los objetos porque está en todo el espacio, y se forma una imagen en el espejo porque es plano y liso, es por el material*¨

Esto muestra que la luz está conceptualizada epistemológicamente como una entidad invisible ubicada en el espacio, y al mismo tiempo se ve un proceso ontológico sobre la reflexión de la luz que muestra procedimientos, eventos e interacción entre los conceptos implicados.

Continuemos hablando de la reflexión de la luz, pero ahora miremos lo que hizo Nancy en la actividad con la cuchara.

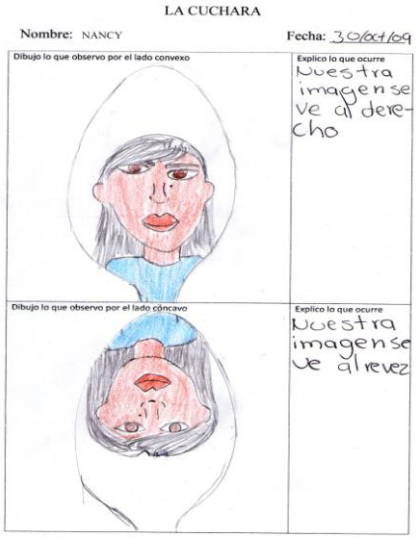


Figura 6: Ilustración del trabajo de Nancy sobre Las cucharas

Al realizar la estructuración de esta experiencia utilizando el montaje del espejo cóncavo que hay en la sala, la niña dice que lo que está ocurriendo allí es por la reflexión de la luz y, la imagen se ve invertida ¨*porque como esto es un espejo cóncavo y el bombillo lo colocaron al revés, entonces se ve así (*indicando que se ve al derecho o invertido*), pero si lo hubieran colocado al derecho, se vería al contrario*¨, y asegura que lo que se ve es ¨*una imagen porque como el espejo es cóncavo, está el bombillo frente al espejo, entonces se está formando la imagen del bombillo, se está reflejando ahí*¨.

Aquí Nancy es determinante para la comprensión de la situación, porque ella es quien está atenta a las preguntas que les hacemos y tiene respuestas con argumentos convincentes, lo cual hace que la participación y la comunicación con el grupo sean exitosas. Además hay que destacar que este es el mismo discurso que ella usa en la actividad anterior, pero aquí no se conforma con decir cómo se ven las imágenes, sino que lo relaciona directamente con el fenómeno de reflexión y con la formación de imágenes, mostrando que epistemológicamente ha elaborado una base para justificar dicha pieza de conocimiento, y a mismo tiempo, refleja la situación de la cuchara como un ejemplar e imagen en la ecología de la estudiante.

Momento grupal 2

Al inicio del estudio sobre la dispersión de la luz, Blas dice que en todos los objetos hay luz, es allí cuando Nancy entra a corregirlo desde el rigor del discurso grupal que han venido estructurando como individuos que pertenecen a un colectivo, es decir, le da un alerta porque se está saliendo de los conceptos grupales:

> ¨*!En los objetos no hay luz!, que se refleje es otra cosa diferente; lo que usted está diciendo es como si de esto (*un disco compacto que tiene en la mano*) saliera luz*¨

En esta misma discusión, Nancy le ayuda a Yeny a comprender que los colores que se ven en un disco compacto son debidos a la reflexión de la luz, no es que el disco tenga colores sino que esos colores son debido a la reflexión de la luz; además hace uso de analogías al apoyar a Andrés, justificando que allí se presenta un arcoíris de manera similar a cuando el sol se refleja en el agua y en el aceite que dejan los automóviles en el asfalto.

Al estar explicándoles a los niños el montaje de la sala sobre la dispersión de la luz, observemos cómo Nancy hace la analogía del agua con el prisma, lo cual le permite comprender la formación del arcoíris e involucra a todo el grupo en dicho análisis:

> Profesor:¨*… a eso es a lo que de aquí en adelante vamos a llamar dispersión de la luz. ¿Qué es la dispersión de la luz? Es cuando la luz pasa a través de un prisma, y al pasar a través de un prisma, se descompone en todos los colores*¨
> Nancy:¨*¿Entonces el agua es un prisma?*¨
> Profesor:¨*!Excelente pregunta! ¿Por qué hiciste la pregunta?*¨
> Nancy: ¨*Porque en el agua también…, el agua cuando se descompone, también…*¨
> Profesor: ¨ *¿el agua?*¨
> Nancy: ¨*Sí, en el agua cuando pega con la luz, o el sol, o cualquier fuente de luz se hace un arcoíris también*¨
> Yeny: ¨*Ah si profe, el agua cuando uno le echa aceite se forma el arcoíris*¨
> Profesor: ¨*Ustedes recuerdan, normalmente, ¿el arcoíris sale después de qué?*¨
> Nancy: ¨*De llover*¨
> Profesor: ¨*¿entonces qué está pasando ahí* (en el montaje de la dispersión de la luz)*?*¨
> Andrés: ¨*Que eso es como que el agua hace como el papel del prisss, del, del…*¨
> Blas: ¨*¡del prisma!*¨

El anterior suceso es muy importante en la investigación puesto que Nancy consigue mediante su participación, establecer una comunicación que permea el grupo alrededor de un concepto colectivo, logra que todos participen y se involucren en la construcción de la analogía así como la contextualización de la experiencia planteada en la entrevista clínica, la cual se analizará en un apartado posterior. Luego de lo anterior, el profesor, con la ayuda del grupo, establece las relaciones de los elementos del montaje sobre la dispersión de la luz, para configurar el proceso mediante el cual se forma el arcoíris.

Nancy comprende cómo se descompone la luz, pero cuando se le pregunta por el proceso inverso, dice que la combinación de luces de todos los colores produce el color negro. En esta parte, la ecología de la estudiante está tomando otros conocimientos que compiten con la nueva estructura ontológica: en la clase de educación artística los niños han mezclado varios vinilos de colores y ha resultado el negro, pero lo que debe hacer la estudiante es una diferenciación entre ese contexto material y la inmaterialidad de la luz. Esto se logra gracias a los elementos del montaje de la sala, el poder ver y manipular el proceso en un sentido y contar con dichos elementos (luz, prisma y arcoíris) para hacer el ejercicio mental, llevan a Nancy a cambiar su respuesta, diciendo que en el proceso inverso a la dispersión de la luz, se obtiene luz blanca.

Seguidamente nos dirigimos al espectroscopio, en el cual se puede observar la dispersión de la luz pero con las franjas de colores muy marcadas debido a que la fuente de luz es una lámpara que contiene un gas. Yeny y Blas dicen que estas franjas se deben a que dentro del montaje hay unos separadores de unos bombillitos de colores y mientras ellos hacen sus predicciones, Nancy se acerca al artefacto, lo observa con detenimiento e interviene diciendo:

> ¨*No, no, no, no. No es eso, es que aquí hay un prisma (*les muestra en el montaje*), ahí no hay bombillos. Vemos todos esos colores porque la luz se está descomponiendo, porque es que mire que la luz viene de acá (*señala la lámpara*), pega en el prisma y hace todo el proyecto, el proceso*¨

En un trabajo escrito se le pide que dibuje un experimento en donde explique lo que ocurre cuando se forma el arcoíris y argumente lo que ocurre allí.

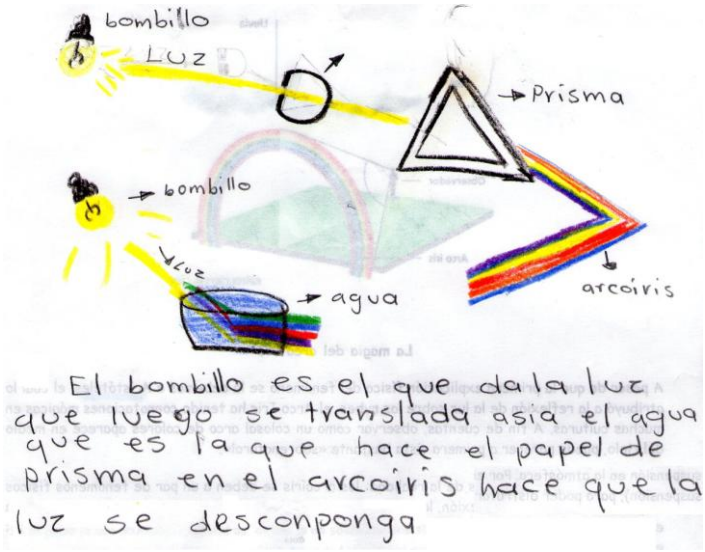


Figura 8: Ilustración del trabajo de Nancy sobre La formación del arcoíris

La niña primero dibujó una réplica del montaje de la sala sobre la dispersión de la luz, y luego hizo otro dibujo donde reemplaza el prisma por agua, y lo explica de la siguiente manera: ¨*el bombillo es el que da la luz que luego se traslada hacia el agua que es la que hace el papel de prisma en el arcoíris… hace que la luz se descomponga*¨ Es evidente el uso de este artefacto del museo para construir esquemas que dan cuenta de procesos o mecanismos explicatorios sobre la formación del arcoíris, en últimas de la formación de un ejemplar e imagen en la ecología conceptual individual.

Las explicaciones que la niña ha dado sobre la dispersión de la luz, muestran una interpretación del conjunto de relaciones complejas que forman parte del sistema, lo que ontológicamente nos lleva a la categoría de proceso.

En la siguiente sesión, los niños traen construido un disco de Newton, la explicación que da Nancy no es coherente con lo antes expuesto porque no asocia la dispersión de la luz con esta situación, ella dice: ¨*el disco de Newton es cuando los colores se revuelven; de tanto girar se ve como si fuera blanco*¨. Nos encontramos con un compromiso epistemológico que da cuenta de ideas

intuitivas y de compromisos ontológicos que interpretan la luz en el estado de materia.

Posteriormente, hay una actividad que surge a partir de la dinámica propia de los museos: colocar a los niños a que asuman el papel de guías en uno de los montajes, aquel en el que se sientan más cómodos. Cuando Blas está haciendo la explicación de montaje sobre el túnel al infinito, Nancy se ve preocupada por la forma como lo está haciendo y comienza a hacerle preguntas cuya intención es ayudarle a salir de las contradicciones y conflictos que se le están creando, es muy insistente en hacerle preguntas que son claves para que él se pueda desempeñarse bien, incluso hay un momento en el que se detiene a explicarle que ¨*se ve infinito porque hay varios espejos, es como cuando usted está frente al espejo, se ve usted mismo, por, por, por la imagen, por la reflexión de la luz*¨

En el caso de Andrés, explicando lo que ocurre en el espejo plano, ella también se ve interesada en ayudarle en el momento en que el profesor le hace preguntas que lo confunden en cuando a los conceptos de reflexión y formación de imagen, ante esto, ella brinda la ayuda explicándole la diferencia entre los conceptos, la relación entre ellos y las condiciones bajo las cuales se forma una imagen. Esto no sólo muestra que la niña está emitiendo un discurso que está en la categoría ontológica de proceso, sino que ayuda a que su compañero se aproxime también a esta.

Ahora miremos lo que ocurre cuando Nancy hace el rol de guía. Curiosamente, ella selecciona el montaje del disco de Newton, recordemos que su explicación de esta situación fue distante de lo estudiado hasta ahora, pero analicemos los cambios que se han presentado. Ella se apropia de su papel incluso desde la forma de saludar y presentarse ante compañeros como guía del museo, luego les comienza a explicar:

> ¨*Este es el disco de Newton que es donde vemos el proceso inverso a la dispersión de la luz. Cuando giramos el disco podemos ver blanco porque así lo ven nuestros ojos y lo llevan…, esa idea de como la estamos viendo la llevan al cerebro y por eso la vemos blanco. De ese blanco salen todos los colores, de la luz blanca salen los colores cuando pasan por un prisma*¨

Después de esta explicación se torna un silencio que pareciera mostrar que allí ha terminado todo; sin embargo, Andrés toma el liderazgo y decide darle dinámica a la situación, el grupo lo apoya y comienzan con una avalancha de preguntas que hacen que Nancy asuma totalmente su papel de guía con un discurso articulado en el que se evidencian fortalecidas las estructuras ontológicas y epistemológicas que se han venido construyendo sesión tras sesión.

Miremos tres de estos cuestionamientos: Blas le pregunta por la relación del montaje que está explicando con el de la dispersión de la luz, a lo cual responde que ¨*sí tienen mucho que ver porque son procesos contrarios, en uno muestra que cuando la luz pasa a través de un prisma se ven todos los colores, pero en el disco de Newton se ve que la combinación de todos los colores da como resultado luz blanca*¨. Andrés la cuestiona que si de la luz blanca se producen todos los colores, entonces en el disco de Newton por qué no están todos los colores; a esta ella responde que ¨*el disco Newton tiene los colores primarios, ya con esos se pude formar los demás, o sea que si están ahí* (refiriéndose al disco de Newton) ¨. De lo anterior Yeny le dice en forma irónica que a ella le habían enseñado que los colores primarios eran amarillo, azul y rojo, entonces por qué los está cambiando; esta pregunta hay que resaltarla porque en párrafos anteriores, en una situación similar, Nancy había presentado esta misma objeción haciendo uso de sus conocimientos traídos de otras experiencias de aprendizaje; su respuesta fue: ¨*es que es diferente cuando estamos hablando de la teoría de la luz a cuando estamos trabajando con pinturas, vinilos y todas esas cosas, aquí estamos hablando es de la luz*¨

Para completar, miremos un diálogo que surge después con el profesor:

Profesor: ¨*para poder hacer lo que tu estás haciendo: la inversión de la dispersión de la luz, ¿necesitamos todos lo colores o con dos cualquiera basta?*¨
Nancy: ¨*No, con todos los colores, porque así como de… la…, la descomposición de la luz o dispersión salen todos estos colores, así mismo los necesitamos para retroceder todo*¨
Profesor: ¨*¿pero entonces yo con cuántas luces de colores puedo formar luz blanca*?¨
Nancy: ¨*Con los siete colores*¨
Profesor: ¨ *¿pero mínimo con cuantos*?¨
Nancy: ¨*mmm…*¨
Profesor: ¨ *¿Cuáles de los colores del disco de Newton dejarías?*¨
Nancy: ¨*!los primarios!*¨
Profesor: ¨ *¿cuáles?*¨
Nancy: ¨*el azul, el verde y el rojo*¨
Profesor: ¨ *¿mínimo con cuántas luces de colores se forma luz blanca?*¨
Nancy: ¨*con tres, porque de estos salen los demás*¨

El anterior fragmento, muestra la forma como la interacción entre profesor y estudiante, le ayuda a esta última a fortalecer el estatus de la idea que ya había empezado a construir. Se trata de un evento que se repite a los largo de las interacciones, a manera de modalidad típica de intercambio, en la que un estudiante recibe preguntas, críticas, contra-argumentos, ejemplos, contra-ejemplos, etc, que contribuyen a evidenciar las estructuras y redes conceptuales que ha elaborado.

Nancy como guía de la sala, además de los cambios detectados en las componentes de su ecología conceptual, permite destacar el trabajo del grupo para hacer que emerja discurso conceptual grupal, porque se activan los elementos de participación, comunicación y hacen que todos se vean involucrados en la situación, y por tanto, la forma de ver, hablar y hacer muestra pertenencia de cada integrante al grupo.

Una de las últimas actividades del trabajo grupal en la Sala Galileo Interactiva, es la construcción de un elemento o experiencia que esté relacionada con los fenómenos de la luz que hemos venido trabajando. Luego de entregarle el material, Nancy no se ve motivada hacia el trabajo, no realiza la práctica con sus compañeros ni se comunica con ellos, por el contrario, se queda como simple observadora pasiva. Pese a ello, el grupo empieza a involucrarla en el trabajo y le reclaman su participación, ante lo cual ella reacciona manifestando

inconformidad consigo misma y se desespera porque no logra concretar las ideas.

Empieza la socialización de cada trabajo, Nancy no ha realizado el suyo. Pero cuando el grupo critica a Blas porque no se le ha entendido el discurso, ella entra a conciliar, como lo ha hecho en varias ocasiones, para que él no sea excluido de la dinámica grupal:

> *¨Vea yo le estoy entendiendo a Blas, yo le estoy entendiendo, pero es que él pronuncia las palabas y las cosas al revés, pero yo le estoy entendiendo porque yo tengo cuatro hermanitos que hablan todo raro todos los días, entonces ya lo que tiene que hacer es que se calma y habla bien, dice yo hice tal cosa y todo¨*

Cuando le corresponde a Nancy socializar su trabajo, el grupo no la deja sola y comienza a darle ideas para formar una experiencia utilizando la luz, un recipiente y agua; son ellos quienes se encargan de motivarla y darle la iniciativa para que explique lo que allí estaba ocurriendo. De forma rápida le ayudaron a realizar el trabajo y ella argumentó el fenómeno, incluso haciendo analogía con lo que ocurría en el montaje de la sala sobre combinación de espejos. El aspecto a resaltar en esta parte es el compromiso grupal, en cuanto a la cohesión alcanzada por el grupo no les permite dejar que su compañera se relegue de la actividad, por el contrario, la involucran, la ayudan, la motivan y hacen que de ella emerja un discurso articulado a los conceptos que se han venido trabajando colectivamente.

Entre los aspectos de tipo ontológico, encontramos la categoría de estado mental que tiene en cuenta las emociones e intenciones; dejemos que sea la misma Nancy quien nos relate cómo el trabajo grupal ha causado cambios en esta componente de la ecología:

> *¨Yo pienso profe que esto fue muy bueno, muy bacano para mi, porque cambió de rutina todo, eh y todo pues porque mi vida es muy maluca algunas veces, viniendo acá pensé en otras cosas que yo no sabía y a mi me gusta mucho aprender y pues pensé en otras cosas, hice otras cosas, dejé de pensar en todos los problemas que hay en mi casa. Y me gustó mucho compartir con ellos* (señala a los compañeros) *uno qué iba a*

pesar que éstos lo hicieran reír tanto a uno. … Valió la pena venir acá (el Museo)*, valió la pena todo*¨

Resumiendo hasta aquí, la actividad de Nancy en las anteriores situaciones socioculturales permiten asegurar, en este caso, que hubo participación efectiva y comunicación articulada con los compañeros, lo que le da sentido a su pertenencia al grupo a partir de sus prácticas discursivas y estructuras simbólicas. Por otro lado, esto permitió analizar cómo emergieron algunos compromisos epistemológicos, creencias y conceptos metafísicos, analogías y metáforas, ejemplares e imágenes, otros conocimientos y compromisos ontológicos, y además, cómo cambiaron algunos de estos componentes de la ecología conceptual individual de Nancy.

6.2.1.2 Análisis Individual

Ahora, establezcamos este análisis a partir de la matriz de relación entre las entrevistas para el caso de Nancy (ver Anexo 9), las oraciones transcritas han sido tomadas de dicha matriz.

En la primera entrevista clínica la niña relaciona la palabra luz ¨*con todo lo que hay a nuestro alrededor*¨, lo cual es una creencia metafísica porque lo está asumiendo como una cualidad última de la naturaleza del entorno. Esta respuesta empieza a cambiar por el compromiso epistemológico donde la luz se ubica en la fuente, al relacionar la palabra con ¨*la luz solar, la luz [en] de la energía de los bombillos*¨, según ella, porque ¨*el sol nos da luz y la energía tambie**:::**n* ¨ Aquí la palabra energía se refiere sólo a la energía eléctrica para asociarla con el funcionamiento de las bombillas.

En la segunda entrevista Nancy inicialmente vuelve a escribir los mismos términos, porque cree que no puede usar lo que ha aprendido en la Sala Galileo Interactiva. Al indicársele lo contrario, el número de palabras relacionadas con la luz aumentan: luz solar, fenómenos de la luz, espacio,

imagen, reflexión, objetos, energía. No es tan importante el número de palabras sino las relaciones que establece entre ellas: ¨*la luz solar porque le sol nos da luz, y::: los fenómenos de la luz, como la imagen, la reflexión, el espacio, porque la luz está en todo el espacio, la energía y está en todos los objetos*¨ El compromiso epistemológico ha cambiado por la luz como entidad ubicada en el espacio, y al mismo tiempo se dan cambios ontológicos por la forma de relacionar la luz con fenómenos como la reflexión en los objetos y la formación de imagen. Es evidente la influencia del trabajo grupal, si se tiene en cuenta que hasta esta entrevista sólo se ha trabajado la reflexión de la luz.

En la entrevista final aparecen menos palabras que en la anterior pero sintetizan todo el trabajo en el museo: reflexión, dispersión, colores, arcoíris y energía (ver Anexo 9). La niña mantiene el compromiso epistemológico y logra establecer la relación entre los fenómenos. Además, se percibe una metáfora al usar el sistema de representación mental del arcoíris, para explicar la importancia de la luz en la formación del arcoíris. Por otro lado, en las tres entrevistas aparece la palabra energía, y es claro que Nancy no entiende la relación entre la luz y la energía en todo el sentido amplio del concepto, pero, a pesar de que este concepto nunca fue abordado en la intervención, debe ocurrir algo en sus experiencias pasadas que le hacen asociar la luz con la energía eléctrica.

Ante la pregunta ¿dónde hay luz en este lugar?, la niña inicialmente responde que ¨*todo está lleno de luz*¨, es decir, epistemológicamente cree que la luz está hecha de materia y tiene la capacidad de llenar los espacios, y al mismo tiempo se le presenta una anomalía con la presencia de sombras por que éstas se salen del marco de explicación que está proponiendo. En la segunda y tercera entrevista desaparece la anomalía y se ve una ruptura ontológica pasando de la categoría de materia a la de proceso, lo que implica un cambio epistemológico que da cuenta de la luz como una entidad ubicada en el espacio.

En las tres entrevistas encontramos que la niña sabe establecer la relación entre la luz y las fuentes de luz, sólo que en la tercera reconoce que, dependiendo del entorno que se esté hablando, pueden existir múltiples fuentes.

Por otro lado, en la primera entrevista Nancy tiene la creencia metafísica de que la luz sirve para alumbrarnos, pero en la segunda cambia a una componente epistemológica que explica lo que hace la luz sobre los objetos con el fenómeno de la reflexión, y las relaciones ontológicas que allí establece dan cuenta del trabajo realizado en el museo. En la entrevista final, además de mantener los compromisos ontológicos, fortalece los epistemológicos al decir que la luz no la podemos ver, es una entidad invisible en el espacio (ver Anexo 9).

Cuando se le pregunta por qué vemos, en la entrevista inicial emerge un concepto metafísico:

> *¨Porque es un don de DIOS. Es todo lo que Él nos ha dado, que podemos ver, que podemos hablar, mover nuestro cuerpo¨*

En la siguiente entrevista cambia a un compromiso epistemológico:

> *¨Por la luz, porque si no hubiera luz, estuviera oscuro y no podríamos ver nada¨*

Con la entrevista final deja ver el compromiso ontológico al argumentar mediante hechos y procesos relacionados entre sí, que lo que hace posible la visión de los objetos, es la reflexión de la luz.

Ahora miremos cómo la niña se enfrenta a la siguiente situación: se usa un láser para proyectar un rayo de luz hacia un espejo y hacerlo reflejar en una hoja de papel. Al preguntarle dónde se encuentra la luz, ella responde que en el papel, lo que epistemológicamente se identifica como la luz ubicada en un objeto. Se le cuestiona la respuesta porque el láser se está dirigiendo al espejo, no a la hoja; de inmediato la niña dice que es por ¨ *el reflejo de la luz, al pegar con el…con el espejo se ve acá porque ésta hoja es, es oscura*¨ (ver Anexo 9).

La niña trata de establecer relaciones ontológicas entre los elementos de la experiencia a través de lo que para ella es el reflejo, sin embargo, cuando se le pregunta a qué se refiere con ello, da unos argumentos que ella misma ve insuficientes para explicar la situación, es decir, surge la siguiente anomalía: ¨*Hummm... es lo que podemos ver a través de las cosas. [lo que sea] ehh, de los árboles se ve el reflejo de la sombra*¨ Luego trata de decir que la luz se encuentra en el espacio (ver Anexo 9), pero de inmediato recurre al compromiso epistemológico para decir que la luz está en la hoja de papel, y deja ver una categoría ontológica de materia, al indicar que lo que se refleja es el espejo y no la luz.

En la segunda entrevista, se le pide que haga una reproducción mental de la experiencia; por la forma como reproduce el suceso, se puede asegurar que ha configurado un ejemplar e imagen para dar cuenta de mecanismos explicatorios, aunque dicha explicación es diferente, hay un cambio epistemológico donde hay una interpretación de hechos relacionados con la luz como una entidad que viaja y está ubicada en el espacio:

> ¨ *En todo, en todo el lugar porque iba desde acá (se refiere a la fuente de luz) viajaba desde acá (se refiere a la fuente de luz) hasta el espejo y pegaba con el papel, pero seguía, seguía el mismo recorrido* ¨

En la tercera entrevista se le pide que ilumine una hoja de papel utilizando un espejo y la luz del sol. Luego de hacerlo se le pregunta qué es lo que está pasando allí y la respuesta deja ver que ontológicamente hay un proceso donde se interpreta el fenómeno de la reflexión de la luz a partir del conjunto de relaciones complejas que forman parte del sistema. Además, asegura con facilidad que la luz se encuentra en todo el espacio (ver Anexo 9), o sea que mantiene el supuesto epistemológico.

La última situación de la entrevista consistía en establecer la relación entre la imagen del sol, la de las gotas de lluvia y la del arcoíris, por medio de una

historia. En la primera entrevista cuenta una historia muy corta y sencilla donde usa los elementos, en la segunda narra una muy similar pero le introduce el fenómeno de reflexión de la luz, lo que pudo presentarse debido a que este fenómeno ya se había trabajado en las sesiones en el museo. En la tercera entrevista se ve el compromiso ontológico por la forma rápida y lo fácil que le resulta asociar los elementos, lo que evidencia nuevamente que la última parte del trabajo grupal está produciendo cambios.

Quitando el sol de la historia, tanto en la primera como en la segunda entrevista, se crea una anomalía en Nancy, porque no comprende cómo podría afectar ese cambio a la historia. En la entrevista final, cuando ya se ha trabajado la dispersión de la luz, ella dice que la historia cambia mucho, inicialmente desde un supuesto metafísico de que sin la luz no se puede vivir, pero de inmediato corrige para cambiarse a un compromiso epistemológico que localiza el sol como fuente de la luz invisible en el espacio, la cual al sufrir el fenómeno de la dispersión produce el arcoíris (ver Anexo 9); lo que también muestra cambio ontológico en la categoría de proceso.

Si se elimina la lluvia de la historia, Nancy encuentra una anomalía hasta el punto de negarse a seguir con la historia. En cambio, al hacer lo mismo durante la segunda entrevista, dice que ¨ *sin el agua no se haría la forma del arcoíris*¨, pero no da la explicación a partir de la reflexión de la luz, dejando ver que ontológicamente aún no ha establecido los procesos de interacción entre los elementos. Para la tercera entrevista argumenta que la historia se afecta ¨*mucho porque sin ella no se formaría el arcoíris a menos que [la] los rayos del sol pasaran por un prisma*¨; esto no sólo deja ver un proceso claramente establecido, sino además, el uso de una metáfora conformada en el montaje de la dispersión de la luz de la Sala Galileo Interactiva.

Cuando se le quita el arcoíris, primero la niña expresa que así no esté, se vuelve a formar otro por el reflejo, tal y como ocurre en el espejo. Recordemos

que en la experiencia del espejo, la niña usa la palabra reflejo pero no lo instaura epistemológicamente como un fenómeno de la luz y le da la categoría ontológica de materia. Para enfrentarse a esta misma situación en la segunda entrevista, se limita a usar como ejemplar los días en los que hay lluvia y sol pero no se forma arcoíris. Ya en la tercera, vuelve a usar el ejemplar, pero no niega la posibilidad de que después se forme el arcoíris al decir: ¨ *Ahí no hay arcoíris, puede que no se haya formado todavía*¨

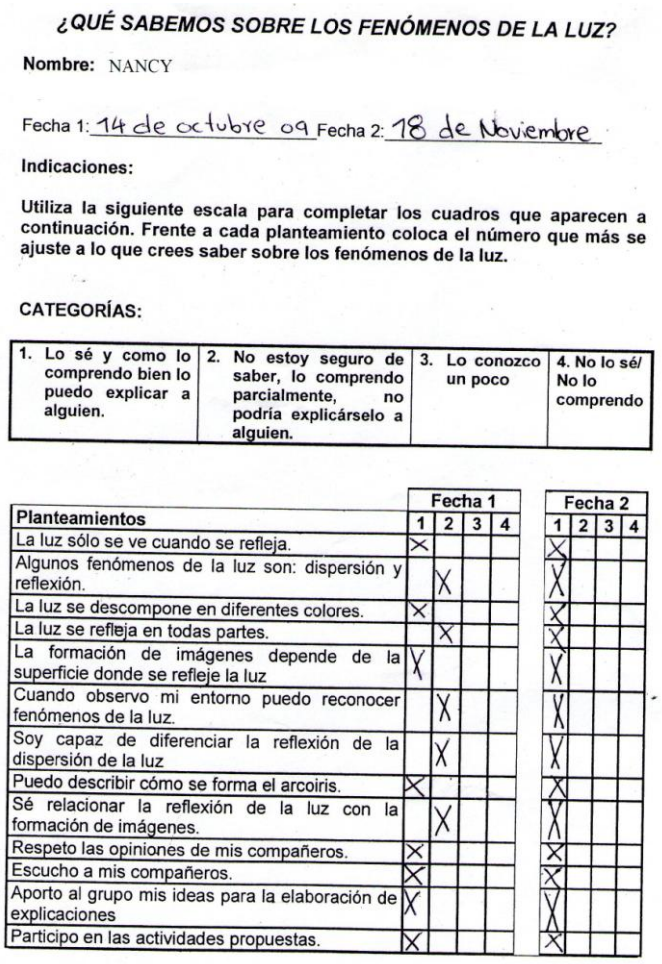
Hasta este punto hemos mostrado cómo han cambiado en el tiempo el uso y la configuración de las componentes de la ecología conceptual de Nancy, para dar explicaciones a preguntas o situaciones referentes a la luz y sus fenómenos de reflexión y dispersión. Ahora, haremos un resumen de las componentes que se presentaron y lo cambios que se lograron evidenciar a partir de las entrevistas. Los espacios en blanco revelan que dicha componente no se presentó durante la entrevista indicada.

COMPONENTE	ENTREVISTA 1	ENTREVISTA 2	ENTREVISTA 3
Compromisos epistemológicos	La luz ubicada en la fuente. La luz ubicada en un objeto La luz está hecha de materia y tiene la capacidad de llenar los espacios	La luz como una entidad en el espacio que viaja para reflejarse en los objetos	La luz como una entidad que viaja en el espacio, proveniente de diferentes fuentes, y presenta los fenómenos de reflexión y dispersión
Creencias y conceptos metafísicos	La luz se relaciona con todo lo que hay a nuestro alrededor La función de la luz es alumbrar Podemos ver gracias a los dones de Dios		
Anomalías	La relación entre la luz y las sombras El significado de la palabra reflejo La relación del sol y la lluvia para la formación del arcoíris	La influencia del sol en la formación del arcoíris	
Analogías y metáforas			Los elementos del montaje de la dispersión de la luz de la Sala Galileo

			Interactiva para explicar los elementos que dan lugar a la formación natural del arcoíris
Ejemplares e imágenes		La experiencia de la primera entrevista con el laser, el espejo y la hoja de papel, para hablar de la reflexión de la luz	Los montajes de la sala como esquemas previamente construidos para asociar los fenómenos de la luz
Experiencia anterior	La relación entre energía eléctrica y algunas fuentes de luz	La relación entre energía eléctrica y algunas fuentes de luz	La relación entre energía eléctrica y algunas fuentes de luz
Otros conocimientos			
Compromisos ontológicos	Categoría de materia: la reflexión es un fenómeno que experimentan los espejo	Categoría de proceso: establece procedimientos, eventos e interacción entre los elementos y conceptos que dan lugar a la reflexión de la luz Categoría de proceso: indica que la formación del arcoíris se debe al fenómeno de la reflexión, relaciona algunos de los elementos pero no los conceptos.	Categoría de proceso: los fenómenos de reflexión y dispersión de la luz se interpretan a partir de relaciones complejas que forman parte de un sistema de conocimientos.

Tabla 2: Resumen de las componentes de la ecología conceptual individual de Nancy

Para finalizar con el caso de Nancy, recordemos que la unidad didáctica proponía la aplicación, al inicio y al final de la intervención, de un KPSI (Knowledge and Prior Study Inventory, Young y Tamir, 1977), es decir, un formulario de conceptos o procedimientos que sirve para obtener información sobre lo que los alumnos piensan que saben con relación a los fenómenos de la luz. Al inicio, Nancy manifiesta inseguridad sobre lo que sabe con relación a los fenómenos de la luz, la relación de éstos con el entorno, la diferencia entre reflexión y dispersión de la luz, y la relación entre la reflexión de la luz y la formación de imágenes. Al final, Nancy manifiesta que estos procedimientos y conceptos los conoce bien y podría explicárselos a otra persona.



¿QUÉ SABEMOS SOBRE LOS FENÓMENOS DE LA LUZ?

Nombre: NANCY

Fecha 1: 14 de octubre 09 Fecha 2: 18 de Noviembre

Indicaciones:

Utiliza la siguiente escala para completar los cuadros que aparecen a continuación. Frente a cada planteamiento coloca el número que más se ajuste a lo que crees saber sobre los fenómenos de la luz.

CATEGORÍAS:

1. Lo sé y como lo comprendo bien lo puedo explicar a alguien.	2. No estoy seguro de saber, lo comprendo parcialmente, no podría explicárselo a alguien.	3. Lo conozco un poco	4. No lo sé/ No lo comprendo

Planteamientos	Fecha 1				Fecha 2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
La luz sólo se ve cuando se refleja.	X				X			
Algunos fenómenos de la luz son: dispersión y reflexión.		X			X			
La luz se descompone en diferentes colores.	X				X			
La luz se refleja en todas partes.		X			X			
La formación de imágenes depende de la superficie donde se refleje la luz	X				X			
Cuando observo mi entorno puedo reconocer fenómenos de la luz.		X			X			
Soy capaz de diferenciar la reflexión de la dispersión de la luz		X			X			
Puedo describir cómo se forma el arcoiris.	X				X			
Sé relacionar la reflexión de la luz con la formación de imágenes.		X			X			
Respeto las opiniones de mis compañeros.	X				X			
Escucho a mis compañeros.	X				X			
Aporto al grupo mis ideas para la elaboración de explicaciones	X				X			
Participo en las actividades propuestas.	X				X			

Figura 8: Ilustración del KPSI de Nancy

6.2.2 El caso de Andrés

Es un niño de 12 años con una historia de violencia intrafamiliar muy marcada, ha estado internado en varios hogares del Instituto de Bienestar Familiar, debido a que su madre lo torturaba tanto física como psicológicamente. Desde pequeño ha estado en contacto con la "batalla", nombre que le da a la marihuana, y que adoptó de su hermana, ya que ella desde pequeño se lo llevaba a sitios de consumo cotidiano.

En este momento vive con la madre, el padrastro y un hermano que es drogadicto, a Andrés le toca trabajar como "jíbaro"[2] para poder conseguir sus cosas ya que es de muy escasos recursos económicos. Pero a pesar de todo lo anterior es un niño muy inteligente, en el colegio es un líder académico y sus aspiración es poder estudiar en la "U", como él le dice, para poder librarse del yugo materno.

6.2.2.1 Andrés en el grupo

Analizaremos los episodios que son relevantes para la ecología conceptual de Andrés a partir de los elementos de análisis grupal: participación, comunicación y pertenencia, de manera análoga a como se hizo con Nancy. Las oraciones transcritas en este análisis han sido tomadas de acuerdo con la base de datos para el análisis grupal (ver Anexo 7), haciendo el filtro correspondiente a este caso.

Momento grupal 1

Un rostro altamente sorprendido, unas manos desesperadas por interactuar con todos los artefactos, risas que tratan de ocultar lo inexplicable de los fenómenos, variaciones en las expresiones del rostro debido a lo que está descubriendo, miradas tímidas y prolongados silencios cuando trata de argumentar lo que acontece. Así se pude describir lo que ocurre con Andrés mientras explora los montajes que hay en la Sala Galileo Interactiva.

Todas las explicaciones que se le pidieron al estudiante muestra compromisos epistemológicos enfocados a un realismo ingenuo, en los que da cuenta de una situación tal y como la vemos, y unos compromisos ontológicos donde se interpreta el mundo a partir de lo que ocurre con la materia sin establecer conexiones entre ella. Por ejemplo, en el montaje de la dispersión de la luz,

[2] Personas que se encargan de repartir drogas en los barrios.

dice que no sabe lo que está pasando allí, pero que él cree que es por esos vidrios que tiene (refiriéndose a los prismas), igualmente, en el túnel al infinito, lo único que se le ocurre para entender la situación es asociarlos a una autopista (ver Anexo 7).

En el espejo cóncavo usó una analogía, mencionó que lo que allí ocurría era muy parecido a lo que el profesor había hecho con el láser en la entrevista clínica inicial, los compara porque hay luz, un espejo y una imagen, pero no logra establecer diferencias entre el tipo de espejo y el tipo de imagen que allí se está formando. Otro aspecto a destacar es el uso de las fichas infográficas[3], Andrés es el único de los niños que se remitía a ésta para tratar de comprender los fenómenos.

La parte grupal comienza con la socialización de lo encontrado durante la exploración; la participación de Andrés es muy importante porque sus comentarios centran la atención del grupo y los lleva a actuar, lo que indica que su participación transformó las prácticas y movilizó el discurso del grupo. Él le cuenta al grupo ¨*¡Me sorprendió mucho esa caja, mera autopista. … .Eso si me sorprendió!*¨, por lo que todos quieren saber a qué se debió esa sorpresa, y aunque ya se había acabado el recorrido, regresan al montaje y empiezan a hacer sus aseveraciones: Yeny trata de indicar cómo está hecho el artefacto, Blas intenta explicar lo que está pasando al interior, y es en ese momento cuando Nancy empieza a hablar de espejos y del reflejo de la luz.

La introducción de los nuevos conocimientos inicia con la actividad de la pelota que rebota. La conceptualización que se hizo sobre la reflexión de la luz surge de una analogía usada por Andrés, la cual resulta común al grupo y por tanto, se da como punto de discusión.

[3] Las fichas infográficas son cortas explicaciones ubicadas al lado de cada montaje o elemento del museo, las cuales dan cuenta de los conceptos o procedimientos aplicados en cada máquina.

Profesor: ¨*Yo quiero que me cuente qué está pasando*¨
Andrés: ¨ *¿Qué? Lo que usted hizo con la lamparita (*se refiere a la entrevista inicial*)*¨
Profesor: ¨ *¿Qué de la lamparita?*¨
Andrés: ¨*Que usted ponía el espejo y se reflejaba allá*¨
Profesor: ¨ *¿cómo así que se reflejaba?*¨
Andrés: ¨*por ejemplo ahí estaba el espejo (*señala el piso*) y la hoja (*señala la pared*) y pasaba esto (*pone a rebotar la pelota con el piso y la pared*)* ¨
Profesor: ¨ *¿entonces con la luz pasa exactamente lo mismo?*¨

El grupo empieza a discutir si es exactamente igual el ejercicio con la pelota y el del láser con el espejo. Es Yeny quien crea una anomalía para todo el grupo al indicar que la diferencia entre las dos experiencias está ligada a la inmaterialidad de la luz, pero ninguno de sus compañeros es capaz de contra argumentarle, tanto que a Andrés sólo le ocurre decir: ¨*con esa si nos mató*¨

Para entender la experiencia, el grupo pone la discusión a girar alrededor de la reflexión de la luz, pero Andrés dice que no se trata de reflexión porque no hay espejo, ante lo cual el grupo rechaza el comentario con risas y le lleva a otras experiencias donde hay reflexión de la luz sin utilizar los espejos. El trabajo del grupo empieza a afectar los compromisos epistemológicos de Andrés con respecto a la reflexión de la luz y a la luz misma, pues comienza a hablar de la invisibilidad de la luz por medio de su ejemplar e imagen de los rayos infrarrojos (ver Anexo 7). Incluso hace alusión a varios de los montajes de la sala para explicar cómo se refleja la luz cuando ésta incide sobre los objetos.

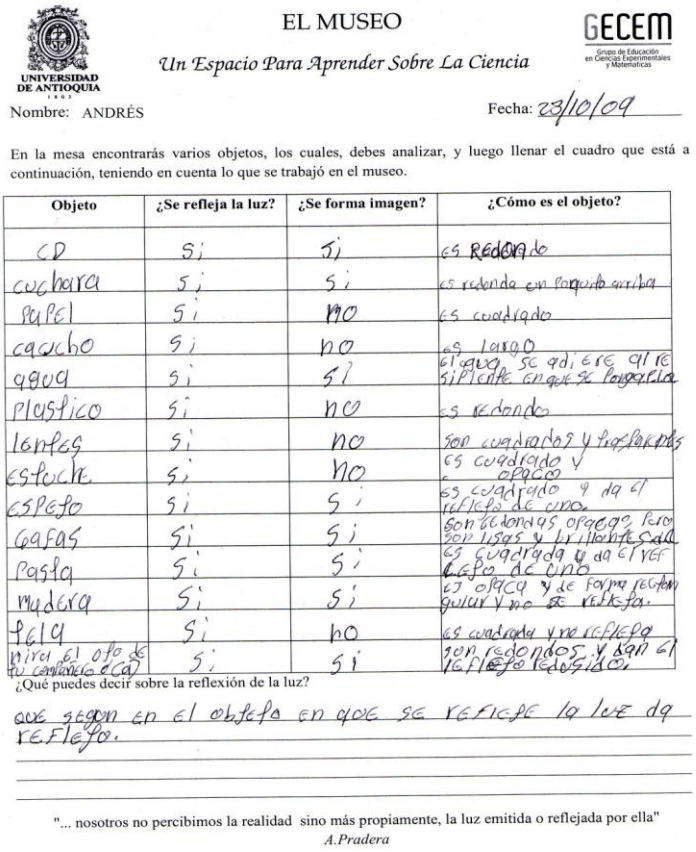
Al dirigirnos al montaje de la combinación de espejos, el niño es el que da la explicación cuando dos espejos forman un ángulo de noventa grados a partir de lo que ya se ha comentado sobre la reflexión, es más, al ver que su compañera Nancy no logra entender lo que está pasando, forman una discusión en la que muy convencido argumenta:

¨*Hay dos espejos, este* (espejo 1) *refleja este* (espejo 2) *y en la mitad se reflejan los dos. … Cuando se combinan los dos espejos se ve igual, ehhh, se ve al derecho porque los dos crean una imagen de la realidad de lo que uno quiere ver*¨

Ahora miremos cómo cambia el discurso de Andrés al explicar lo que está pasando en el túnel al infinito, lo que evidencia cambios ontológicos y epistemológicos en su ecología, si recordamos que éste fue el montaje que más le llamó la atención durante la exploración y que sólo lo entendía como una autopista.

> ¨*Yo miré, y según lo que explica ahí* (se refiere a la ficha infográfica) *es que por ejemplo hay dos espejos, y entonces hay algún objeto en la mitad, entonces los dos objetos reflejan infinitamente el objeto que está en la mitad. … Por ejemplo ahí están los cuatro espejos, y en el centro está el objeto, el objeto se ve infinito porque a medida que alumbra, los espejos no dejan de reflejarlo, la luz siempre está reflejándose en todas partes. … Si no hubiera luz, no se vería nada porque sin luz cómo se vería la reflexión infinita de la luz*¨

Lo anterior incide en la actividad cuando le pedimos llenar el cuadro sobre reflexión y formación de imagen.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803

EL MUSEO

Un Espacio Para Aprender Sobre La Ciencia

GECEM Grupo de Educación en Ciencias Experimentales y Matemáticas

Nombre: ANDRÉS

Fecha: 23/10/09

En la mesa encontrarás varios objetos, los cuales, debes analizar, y luego llenar el cuadro que está a continuación, teniendo en cuenta lo que se trabajó en el museo.

Objeto	¿Se refleja la luz?	¿Se forma imagen?	¿Cómo es el objeto?
CD	si	si	es redondo
cuchara	si	si	es redonda en porquito arriba
papel	si	no	es cuadrado
caucho	si	no	es largo
agua	si	si	el agua se adiere al re siplente en que se pongaria
plastico	si	no	es redondo
lentes	si	no	son cuadrados y trasparentes
estuche	si	no	es cuadrado y opaco
espejo	si	si	es cuadrado y da el reflejo de uno.
gafas	si	si	son redondas opacas, pero son lisas y brillantes
pasta	si	si	es cuadrada y da el reflejo de uno
madera	si	si	es opaca y de forma rectangular y no se refleja.
tela	si	no	es cuadrada y no refleja
mira el ojo de tu compañero o (a)	si	si	son redondos y dan el reflejo reducido.

¿Qué puedes decir sobre la reflexión de la luz?

que segun en el objeto en que se refleje la luz da reflejo.

"... nosotros no percibimos la realidad sino más propiamente, la luz emitida o reflejada por ella"

A.Pradera

Figura 9: Ilustración del trabajo de Andrés sobre La reflexión de la luz y la formación de imagen

La conclusión a la que llega es que ¨*según el objeto en que se refleje la luz, da reflejo*¨. Con esta última palabra se está refiriendo a la formación de imagen, no a la reflexión, prueba de ello es que en el cuadro dice que en la madera sí se refleja la luz pero escribe que ¨*es opaca de forma rectangular y no se refleja*¨, nuevamente esta última palabra se refiere a que no se forma imagen. Por lo anterior, inferimos que el estudiante diferencia la reflexión de la luz de la formación de imagen, pero confunde el lenguaje a la hora de referirse a los dos fenómenos, más no a la asociación de los mismos.

En una sesión posterior, se hizo la actividad anterior pero en forma grupal, Andrés, hace chistes, es el primero en manipular cada uno de los objetos y entra a conjeturar y a cuestionar a sus compañeros, mostrándose muy seguro de lo que propone. Se destaca su papel en el grupo, porque ellos siempre están atentos a los comentarios de él, lo que da cuenta de su continua participación y comunicación.

Andrés hace un comentario en el que muestra la sombra de un disco compacto y dice: ¨*Ahí se ve la imagen*¨, Nancy lo corrige inmediatamente diciéndole que ¨*eso no es una imagen, es una sombra, ¿o usted cree que es lo mismo?*¨, y le crea con ello una anomalía que se sale de su marco de explicación, hay confusión entre la formación de sombras, reflexión de la luz y creación de imagen. La intervención de Andrés sirve para que el profesor lo ubique como protagonista de una experiencia sencilla en la que él empieza a identificar y diferenciar las sombras de las imágenes; hecho del cual se benefician los demás integrantes del grupo.

Por otro lado, la actividad con las cucharas dejan ver que Andrés comprende lo que ocurre cuando se observa por el lado cóncavo y convexo. No obstante, aunque lo relaciona con la reflexión de la luz, no se puede decir que entiende el proceso que invierte la imagen porque usa la analogía.

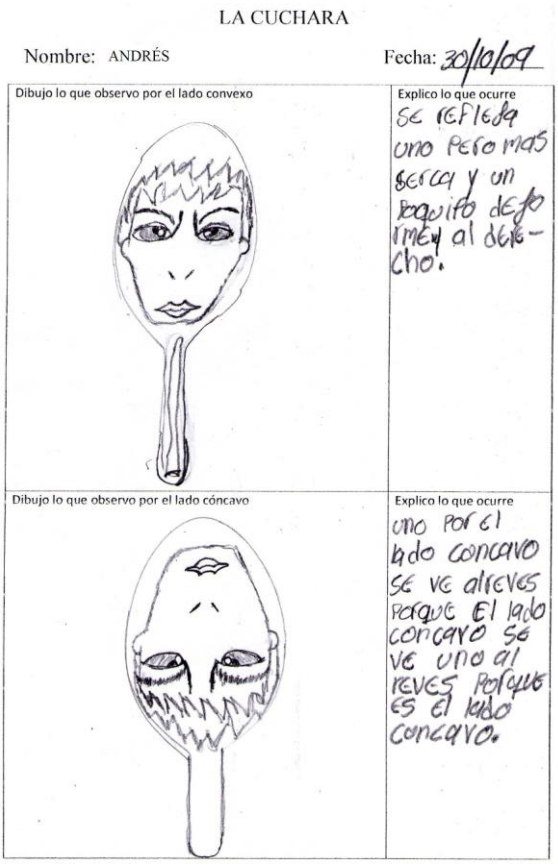


Figura 10: Ilustración del trabajo de Andrés sobre Las cucharas

Al utilizar el espejo cóncavo de la sala para explicar el fenómeno, Andrés es quien relaciona este artefacto con la cuchara, dice este espejo ¨*está revirtiendo la imagen, o sea que la pone al revés, …, la luz se está reflejando y el bombillo que se ve es una imagen que se está invirtiendo, o de lo que se acerque al espejo cóncavo*¨. Lo anterior muestra unos compromisos ontológicos que empiezan a relacionar los hechos a través de un proceso.

Momento grupal 2

En una sesión posterior, Blas dice que en todos los objetos hay luz, Andrés trata de ayudarlo, indicándole que ¨*no en todos los objetos hay luz, sino que en unos se refleja y en otros no*¨. Esto demuestra que sigue la confusión entre la

formación de imágenes y la reflexión de la luz, por eso Yeny entra a aclararle que ¨*se refleja en todos, pero no en todos se forma imagen*¨

Jugando con un disco compacto, Andrés escribe que se ven colores porque ¨*el CD emite un reflejo de la luz que al la luz golpear el CD, crea una especie de arcoíris artificial*¨. Añade verbalmente, usando una analogía, que los colores que se ven en el CD son como el reflejo del sol que se ve en el agua o como cuando en la carretera hay aceite de autos; analogía que es bien aceptada por el grupo.

Pasando al montaje sobre la dispersión de la luz, sin que el profesor haya explicado el fenómeno, Andrés lo asocia con el montaje del espectroscopio:

> ¨*Acá el vidrio* (se refiere al prisma) *tiene como una especie de, de, de, como eso allá (*señala hacia el espectroscopio*) que se ve como cortado en partes* (se refiere al espectro de luz que se ve en franjas debido al gas que tiene la lámpara que emite la luz) *viene así el vidrio por dentro, por fuera no se ve, pero por dentro debe ser así, y cuando esa raya se refleja acá* (señala el prisma) *todo ese tipo de rajaduras crean un arcoíris, puede ser*¨

Esta es una especulación que ontológicamente sigue en la categoría de materia, pero la asociación de los elementos es diferente, empieza a establecer relaciones que poco a poco lo llevan a comprender el fenómeno. El estudiante está tan entusiasmado con el montaje que es el que da la pauta para hacer la analogía con la formación del arcoíris, dice que el arcoíris se forma después de la lluvia porque ¨*el agua hace como el papel del, del, del prisssma*¨ (ver Anexo 7). Al mismo tiempo, Andrés no pierde la oportunidad para preguntar por una creencia metafísica: ¨ *¿Por qué dicen que al final del arcoíris hay una olla de oro?*¨ El grupo se ríe y le explica que eso no es cierto, incluso le preguntan cómo saber dónde queda el final del arcoíris.

Andrés usa el montaje para hacer una analogía en el plano de la astronomía:

> ¨*profe pero también el universo se ve así como todo colorido porque al sol…, en el espacio hay un poco de gases, entonces al juntarse todo ese poco de gases con la luz del sol crea como una especie de dispersión*¨

Ahora miremos lo que ocurre en un pequeño juego de roles que les propone el profesor:

> Profesor: ¨*Yo soy un niño chiquititico. Vengo acá y miro, y yo le digo a usted que ahí hay un montón de bombillos alumbrando, usted ¿qué me diría?*¨
> Andrés: ¨*Le diría que esto es un prisma* (lo señala) *y con la luz blanca, eh…, digamos que esto* (señala el rayo de luz) *es el sol y digamos que este prisma que hay acá es la lluvia, entonces con el rayo de luz y con la lluvia se puede crear un arcoíris, o si no, vendría al museo y le mostraría eso, pa´ más facilidad*¨

La forma de explicar el fenómeno ha cambiado mucho, esto obedece a cambios ontológicos y epistemológicos que están emergiendo. Ya no habla de ¨*vidrios, vidrios rajados o rajaduras de vidrios*¨, ahora se refiere al prisma y a la luz blanca, pero además, construye la analogía con la formación natural del arcoíris. Por otro lado, en la frase final destaca la importancia del museo para comprender el fenómeno.

Miremos en un trabajo al final de una de las sesiones, cómo responde a la pregunta: Explica con tus palabras los componentes que se necesitan para formar un arcoíris:

> ¨*Para crear un arcoíris se necesita una bombilla y un prisma en forma se semicircunferencia y un prisma en forma de poliedro, la bombilla se necesita como fuente de luz blanca, el prisma semicircunferencia es para que pueda pasar un rayo de luz, también se necesita el prisma en forma de poliedro para descomponer la luz crear el arcoíris. Y el agua puede hacer el papel del prisma o los rayos del sol ser la luz, etc.*¨

Para completar, el niño asocia todo el trabajo efectuado con una de las situaciones planteadas en las dos entrevistas clínicas que hasta ese momento se le habían realizado: ¨*profe o sea que cuando usted me estaba preguntando que si me quitaba la lluvia qué pasaba, y yo decía que si quitaba la lluvia no había arcoíris; ¡o sea que estábamos bien!*¨

En una sesión posterior, los niños debían llevar construido un disco de Newton, Andrés toma el montaje de la Sala Galileo como un ejemplar e imagen y dice

que hizo su trabajo ¨*igualito al de la sala porque al girar todos los colores se combinaban y daban un blanco*¨. Valor agregado, le puso un motor, lo cual le daba el movimiento al disco y dejaba percibir de forma perfecta el fenómeno. Al grupo le gustó mucho la tarea realizada por Andrés y lo elogiaron por el empeño que puso en esta.

Acto seguido, los estudiantes asumieron el papel del guías del museo. Andrés tomó dos posiciones que dan cuenta del respeto por la diferencia de sus compañeros. Con Blas y Yeny estuvo en el plano de la solidaridad y el compañerismo, hizo preguntas con la intención de ayudarles a enfocar las explicaciones hacia el discurso construido. Cuando Blas explicó el ¨túnel al infinito¨, le colocó una situación similar: ¨*¿Si yo tuviera cuatro espejos a mi alrededor, me reflejo hasta el infinito?*¨ Posteriormente, Blas dijo que ¨*en el espejo hay un clon de uno que no tiene vida pero está atento al movimiento que uno haga*¨, Andrés le ayudó a salir de esta creencia metafísica cuestionándolo de la siguiente manera: ¨*O sea que él no sabe lo que voy a hacer, pero si voy a alzar una mano, ¿él mira? y ahí mismo levanta la mano*¨ Con Yeny, como tiene prácticas discursivas similares a las del grupo, sólo la cuestiona en cuanto a la dirección que debe tomar la luz para que se produzca el arcoíris.

En el turno de Nancy, la posición cambia, se convierte en un líder que reta constantemente los argumentos de la niña. Esto se debe a que Nancy ha sido la líder del grupo, y por tanto, es de quien esperan más a la hora de explicar los fenómenos. Al finalizar la explicación de la estudiante sobre el disco de Newton, hay un silencio momentáneo que indica que todo ha terminado demasiado pronto, allí es cuando Andrés reaccionó y comenzó a preguntar, lo cual comunicó esa misma iniciativa en sus demás compañeros. Esta situación muestra que la participación del niño permea y moviliza al grupo, incluso cuando su líder está en tela de juicio.

A continuación tenemos algunas de las preguntas planteadas por Andrés (ver Anexo 7), las cuales no son inquietudes de él sino que son retos a las prácticas discursivas de Nancy, y cuya elaboración requieren de un conjunto de relaciones complejas:

> ¨ *¿por qué en el disco no están todos los colores?*¨
> ¨ *¿por qué en el disco no está el negro?*¨
> ¨ *¿o sea que en la luz no existen colores primarios?*¨
> ¨*si usted dijo que con los tres colores primarios de la luz se podía crear cualquier color, ¿por qué el color marrón no se ve en el arcoíris?*¨
> ¨*digamos que haciendo un disco de Newton se me olvidó poner los siete colores y sólo puse amarillo y azul, cuando lo puse a girar se formó blanco, entonces por qué pasó eso si usted dijo que para formar blanco se necesitan los tres colores primarios*¨

Ahora miremos cómo le fue a Andrés en su papel de guía del museo:

> Andrés: ¨*Bueno yo soy Andrés, a mí me tocó esta parte del Museo Galileo Galilei, vengo explicándoles esta parte del espejo cóncavo. El espejo cóncavo tiene algo que diversos espejos no tienen, que…, da una confusión de la realidad de lo que estamos viendo. Por ejemplo ¿ustedes dónde ven el bombillo?*¨
> Grupo: ¨*Ahí arriba*¨
> Andrés: ¨*Acérquense. Cojan el bombillo*¨
> Grupo: ¨*ahhhh no está, ¿por qué?*¨
> Andrés: ¨*Porque la ilusión del espejo cóncavo lo que hace es revertir ehhh, la forma del objeto que está al frente. O sea, por ejemplo si usted está ahí al frente se ve al revés, lo que hace es revertir*¨
> Yeny: ¨*Pero, tan raro, ¿por qué aparece acá* (señala el lugar donde aparece la imagen virtual)*?*¨
> Andrés: ¨*por lo mismo que le dije hace nada, porque el espejo cóncavo revierte lo que estamos viendo, o sea que él* (bombillo) *está aquí boca abajo, o sea que él* (espejo) *lo revierte y ya queda ahí*¨
> Grupo: ¨*Ahhhh, claro*¨

Esta explicación indica que Andrés ontológicamente interpreta el fenómeno como una sucesión de hechos relacionados entre sí a través de ciertos procesos, pero no establece las relaciones entre ellos, además se limita a hablar del efecto que causa el espejo, pero no lo relaciona con la reflexión de la luz. Ante esto, el grupo empieza a hacerle preguntas con las que esperan direccionar su discurso:

> Profesor: ¨ *¿la imagen de qué depende, del bombillo o del espejo*?¨
> Andrés: ¨*es la forma del espejo*¨

Profesor: ¨*ahorita un guía nos hablaba sobre la formación de imágenes, ¿en los espejos cóncavos y convexos también se forman imágenes o es otra cosa?*¨
Andrés: ¨*claro que se ve imagen. Si el espejo no formara imagen, el bombillo no se vería acá (señala la imagen virtual del bombillo)*¨
Profesor: ¨*¿o sea que lo que uno ve desde acá que parece un bombillo en realidad es una imagen?*¨
Andrés: ¨*!Si!, como una ilusión óptica*¨
Blas: ¨*¿si no hubiera luz, qué pasaría?*¨
Andrés: ¨*Si no hay luz, pues cómo se va a ver si usted necesita de la luz para poder crear su imagen*¨
Yeny: ¨*¿pero se crean imágenes en todas las cosas?*¨
Andrés: ¨*No, se crea por ejemplo en este espejo, en los cuadros. Por ejemplo, si usted va caminando y necesita ver si tiene el pelo muy desarreglado, usted se mira a la sombra y ve mas o menos la imagen de lo que usted quiere ver*¨
Nancy: ¨*¿pero la sombra es una imagen?*¨
Andrés: ¨*Ehhh, no, eso es, ehhh, bueno, bueno vea pués, yo no estoy diciendo que eso sea una imagen*¨
Profesor: ¨*yo si me miro en una piedra…*¨
Andrés: ¨*No se forma imagen porque no tiene reflexión*¨
Profesor: ¨*¿una piedra no tiene reflexión?*¨
Grupo: ¨*!Si!*¨
Profesor: ¨*¿La luz sólo se refleja en lo que vaya a formar imagen?*¨
Andrés: ¨*Sssi, ah no, no, no, la luz se refleja en todas las cosas, la diferencia es que en una se forma imagen y en otras no*¨

El grupo quiere que Andrés relacione el espejo cóncavo con la luz, el fenómeno de reflexión y la formación de imágenes y las sombras, sin embargo, él se ve tan confundido con tantos elementos, que los compañeros le hacen preguntas buscando que él establezca las relaciones pertinentes entre estos conceptos y procesos. El grupo parece decepcionado del papel de Andrés, le dicen que no les quedó claro, pero no hay exclusión del grupo, por el contrario, Yeny le dice: ¨*Andrés, me preocupas*¨. En definitiva, el estudiante no ha alcanzado la categoría ontológica de proceso, comprende partes aisladas del fenómeno, pero no los vincula en un solo proceso y aunque su participación es importante para los miembros del grupo, el discurso no logra el efecto comunicativo que ellos esperaban, no hay convergencia en todas las ideas; él mismo se autoevalúa y reconoce ante todos: ¨*Me corcharon y eso que yo soy el guía*¨

En la actividad final, la construcción de una experiencia que muestre algún fenómeno de la luz, Andrés se ve preocupado y desesperado porque no se le ocurren ideas, y más considerando que Blas había dañado los pimpones con los que él iba a trabajar. Al final, hace una construcción con pinturas, vidrios y

espejos, pero se confunde explicando los fenómenos de la luz que hay implicados. Sin embargo, es gracias a la ayuda de Nancy que logra aclarar las ideas (ver Anexo 7). De nuevo el grupo colabora con la articulación de los procesos discursivos, lo que reafirma las conclusiones del párrafo anterior.

Sin embargo, hace aportes fundamentales durante la socialización de sus compañeros: a Blas le ayuda a comprender que además de los fenómenos de reflexión y formación de imagen, su montaje permite explicar la invisibilidad de la luz; y a Nancy, quien no había realizado el trabajo, le muestra el fenómeno y los materiales con los que puede trabajar, causando un cambio de actitud en la niña, llevándola a explicar lo que allí ocurría e involucrándola en la actividad del grupo.

Para finalizar, el niño hace una evaluación del proceso. Manifiesta agradecimiento por el aprendizaje de nuevos conceptos y procedimientos, así como del trabajo en grupo, pero lo más importante es que hace un contraste con lo que pensaba sobre uno de los fenómenos antes de iniciar todo el trabajo, se siente contento de tener los argumentos para explicar lo que había afirmado. Estos aspectos emocionales son determinantes en la configuración de los estados mentales de los compromisos ontológicos.

> *¨Yo me siento muy complacido por lo que hicimos, aprendimos mucho sobre los fenómenos de la luz, la reflexión, la refracción, también sobre, sobre los fenómenos de la, de la, ¿cómo es que se llama eso? visión óptica, también me gustó como la pasamos en grupo, también me gustó lo que aprendimos sobre cómo se forma un arcoíris, cómo se descompone la luz, y ya me quité la duda de lo que decía al principio* (se refiere a la entrevista clínica inicial)*, pero lo que decía al principio soy muy de buenas y me salió cierto, que sin las gotas de lluvia no se crea el arcoíris. … Quisiera que esto siguiera hasta el otro año¨*

El análisis de Andrés en el grupo nos ha permitido determinar las características de algunos de los componentes de la ecología conceptual individual (compromisos epistemológicos, creencias y conceptos metafísicos, anomalías, analogías y metáforas, ejemplares e imágenes y compromisos ontológicos), además de algunos cambios en éstas. Al mismo tiempo, se

referenció su participación en la actividades durante todo el proceso, que fue reconocida por sus compañeros, y sus prácticas discursivas fueron atendidas por el colectivo, bien fuera para aprobarlas o discutirlas. Por lo anterior, se puede asegurar la pertenencia de Andrés al grupo, y que su aprendizaje fue afectado por las prácticas sociales.

6.2.2.2 Análisis Individual

En este momento, realizaremos este análisis a partir de la matriz de relación entre las entrevistas para el caso de Andrés (ver Anexo 10), las oraciones transcritas han sido tomadas de dicha matriz.

Al mencionársele la palabra luz, en la primera entrevista el estudiante la relaciona con la luz solar, luz eléctrica y la luz de la luna. Para él existen esas tres fuentes primarias de luz, el sol en el día, la luna en la noche y la luz eléctrica de su hogar; esto permite encontrar una categoría epistemológica inicial donde la luz está ubicada en la fuente. En la segunda entrevista se mantienen las palabras de luz solar y eléctrica, desaparece la luz de la luna y se suman otras como velocidad de la luz, luz estática, luz universal, luz reflejada y luz del rayo.

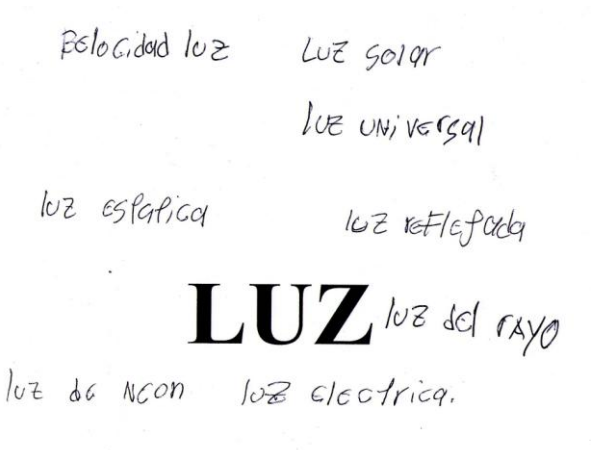


Figura 11: Ilustración del trabajo de Andrés sobre
Las relaciones de la palabra luz en la segunda entrevista

Se mantiene el compromiso epistemológico porque argumenta que ¨*porque el sol tiene su propia luz*¨ y ¨*la luz eléctrica, bueno esa que está ahí en la lámpara*¨. La velocidad de la luz se presenta como factor sorpresa, por lo cual al interrogársele asegura que la luz tiene velocidad que es la que la hace viajar por los cables, esto deja ver un compromiso ontológico que asocia la luz a la categoría de materia. Escribió la reflexión de la luz, porque es el fenómeno que ya se ha trabajado, de ahí que su argumentación sea mediante ejemplares e imágenes traídos del trabajo grupal en el museo. ¨*Luz universal es el sol porque, porque el sol refleja todo el universo*¨, aunque empieza a utilizar el fenómeno de la reflexión, aquí encontramos un supuesto metafísico donde él cree que el sol es el astro principal, no de nuestra galaxia sino de todo el universo.

En la tercera entrevista sólo aparecen cuatro términos: luz solar, luz eléctrica, reflexión de la luz y luz descompuesta. Las dos primeras las interpreta como fuentes de luz, y ahora el estudiante ha incorporado los dos fenómenos estudiados en el desarrollo de la unidad didáctica, en su argumentación logra explicar lo que ocurre cuando se dan estos dos fenómenos, lo que lo coloca en la categoría ontológica de proceso, donde relaciona los fenómenos entre sí a través de una sucesión de hechos. Cabe anotar, que la presencia de la luz eléctrica en todas las entrevistas revela que hay una experiencia anterior con este concepto asociado a algunas fuentes productoras de luz (ver Anexo 10).

Al preguntársele dónde hay luz en el espacio donde se desarrollaban las entrevistas, en todas las entrevistas dice que en todas partes; sin embargo, la explicación que da en la primera es tomada de otros campos de conocimiento, dice que el lado de Latinoamérica en ese instante contaba con la luz del sol. En las dos entrevistas posteriores, el argumento deja ver cambio epistemológico que ubican la luz como una entidad en el espacio.

La siguiente pregunta pone en evidencia que el niño tiene claro desde el principio la fuentes de donde provienen la luz, sólo que en la primera se dedica a hablar del sol, en la segunda ya incorpora las lámparas, y en la tercera, dice que la luz blanca puede venir de diferentes fuentes, inclusive de gran variedad de elementos tecnológicos.

Inicialmente Andrés usaba el supuesto metafísico de que la función de la luz es alumbrarnos para ¨*conseguir los alimentos y para diferenciar del día de la noche*¨, pero al final esta respuesta es sustituida por un compromiso epistemológico que da cuenta del proceso físico mediante el cual, la luz se refleja en los objetos, lo que posibilita la visión de las cosas del entorno.

Por otro lado, el niño en la primera entrevista está convencido que la visión de los objeto está sujeta al supuesto metafísico de la simple existencia de los ojos, en la segunda entrevista esta pregunta le causa una anomalía en la que quiere establecer relaciones con la luz, pero se salen de su marco de explicación (ver Anexo 10). En la tercera entrevista aparece el compromiso epistemológico de la reflexión de la luz como la razón para poder observar todo lo que hay a nuestro alrededor.

Ahora analicemos las situaciones planteadas que implicaban el fenómeno de la reflexión de la luz. En la primera entrevista, cuando se hace incidir un láser sobre un espejo de forma tal que la luz se reflejara en una hoja de papel, Andrés manifiesta que la luz del láser se encuentra en la hoja, y aunque con una serie de cuestionamientos empieza a dudar si está en el espejo o en la hoja, al final se queda con la respuesta inicial, lo que da cuenta de un compromiso epistemológico de la luz ubicada en un objeto. En medio de sus explicaciones, el estudiante dice que lo que está pasando allí es por el reflejo del espejo, y al tratar de ahondar en su explicación, dice que es una característica propia del material con el que están hechos los espejos. Estamos

hablando de la categoría ontológica de materia, que asigna la reflexión a un fenómeno de los espejos, no de la luz.

En la siguiente entrevista, el estudiante usa la experiencia de la entrevista anterior como un ejemplar e imagen para realizar el experimento mentalmente. El marco de explicación ha cambiado muchísimo, puede ser porque este fenómeno se acaba abordar en el trabajo grupal en el Museo, ahora argumenta desde un proceso ontológico de hechos relacionados mediante el fenómeno de la reflexión de la luz, lo que a la vez lleva a un compromiso epistemológico de la luz como entidad en el espacio, al señalar los puntos donde se vería el rayo de luz, el espejo y el papel, pero dice que la luz se encuentra en toda la trayectoria, pero que sólo se ve a incidir sobre esos dos elementos.

En la última entrevista, se le pide que haga incidir los rayos del sol sobre una hoja de papel. El niño de inmediato dice que ¨*hay reflexión de la luz del sol en la hoja*¨, lo que muestra que epistemológicamente comprende la reflexión de la luz como un fenómeno inmaterial asociado a una fuente, en este caso el sol. Además complementa que dicha luz no viene del espejo sino del sol, el espejo sólo está reflejándola y formando imágenes, al mismo tiempo, la reflexión no se da solamente en el espejo y en la hoja, sino en todos los objetos que hay a su alrededor. Se puede asegurar que Andrés ha construido en sus compromisos ontológicos el sistema de relaciones complejas que permiten explicar la reflexión de la luz. Echemos un vistazo a cómo termina de responder a la situación:

> *¨La luz está en todas partes, sino que:::: cuando::: a la medida que ella va viajando ehhh a simple vista no se puede ver, nada más se puede ver cuando se refleja:: en las cosas¨*

La última parte de la entrevista estaba asociada a la dispersión de la luz. Al entregarle las imágenes de la luz, el arcoíris y las gotas de lluvia, el estudiante se inventa una historia donde los compromisos ontológicos lo llevan a ordenar

los fenómenos de la siguiente manera: sale el sol, llueve, y cuando termina la lluvia sale el arcoíris. En la segunda entrevista permanece el orden, pero la formación del arcoíris lo narra desde la creencia metafísica de que existe una inexplicable fusión entre el sol y la lluvia. En la tercera entrevista la historia estuvo en contra de todos nuestros pronósticos:

> *¨ Ehhh [cuando es:::] cuando estaba triste ehhh, ehhhhh, Dios me ayudaba ah sacando al sol, ehhh gotas de lluvia mínimas, así creando un arcoíris que me::: devolvía mi:: sonrisa ¨*

La sorpresa se presenta porque ya se ha hecho todo el estudio de la dispersión de la luz y la relación de los componentes que forman naturalmente un arcoíris, sin embargo, el estudiante eligió recurrir a su parte afectiva y a los conceptos metafísicos para narrar su historia. Pero como veremos en los siguientes párrafos, al hacer cambios en los elementos de la historia, centra el discurso en los compromisos ontológicos y epistemológicos a través de analogías, metáforas, ejemplares e imágenes.

Le solicitamos al estudiante que cuente la misma historia pero sin usar el sol. En la primera entrevista esto creó una anomalía porque él creía que sin el sol no se puede formar el arcoíris, y como no está seguro, renuncia a dar alguna ilustración. En la segunda entrevista, de nuevo surge una anomalía, puesto que asegura que sin el sol no se puede forma el arcoíris, pero en su argumento entra a contradecir dicha afirmación (ver Anexo 10).

Luego de haber discutido esta situación en la Sala Galileo Interactiva, durante la tercera entrevista, Andrés es contundente al afirmar que en la historia seguiría triste porque sin el sol no se forma el arcoíris. Su explicación da cuenta del trabajo realizado en el museo:

> *¨Qu:::e bueno [con el] sin el sol…sin el sol, es como la →luz blanca que vimos allá en el Museo, qu:::e sin la luz blanca, no se podri:::a, no se podrí:::a ehh descomponer la luz blanca en las gotas de lluvia…,como el prisma¨*

En este caso, Andrés está aludiendo al montaje de la dispersión de la luz como una analogía que permite explicar cómo la formación natural del arcoíris depende de la luz del sol. Notemos que la historia ya no quedó asociada en sentido estricto a los conceptos metafísicos sino a las relaciones entre hechos a través de ciertos procesos ontológicos.

Al poner al estudiante en la situación de quitar de la historia la lluvia, la entrevista inicial reveló que él no ve ninguna relación de la lluvia con el arcoíris, pues éste se presentará aunque haya lluvia o no. En la siguiente entrevista esta situación causó una anomalía en el estudiante, lo que dijo estaba por fuera de la historia y no guardaba ninguna relación con lo que se le estaba preguntando. En la última entrevista, el estudiante de inmediato argumentó que sin las gotas de lluvia no se puede formar el arcoíris, es decir, logró establecer las relaciones conceptuales y procedimentales para que se de el fenómeno de la dispersión de la luz, lo que lo ubica en la categoría ontológica de proceso. Además, observemos cómo usó el montaje de la ¨*dispersión de la luz*¨ del Museo como ejemplar e imagen, para dar cuenta de la necesidad de un prisma, en este caso las gotas de agua, para la formación del arcoíris:

> *¨por ejemplo, ahí si tenemos la luz blanca, per:::o digamos qu::::e las gotas de lluvia es el →prisma que descompone la luz, entonces, si no tenemo::s el prisma no se descompone la luz, o sea que si no tenemos las gotas de lluvia, no se descompondría la luz y no formaría el arcoirís que tenemos¨*

Al final, se le pide al estudiante que vuelva a contar la historia teniendo en cuenta el sol y las gotas de lluvia. Tanto en la primera como en la segunda entrevista se vuelven a dar anomalías, el estudiante busca excusas salidas del contexto de la historia para justificar la ausencia del arcoíris. Durante la tercera entrevista, la pregunta resulta muy sencilla para Andrés (ver Anexo 10), en la historia él permanecería feliz puesto que, sus compromisos epistemológicos y ontológicos le permiten explicar que la formación del arcoíris se debe a la descomposición de la luz blanca, fenómeno que sólo depende de los componentes que le han sido entregados: la luz del sol y las gotas de lluvia.

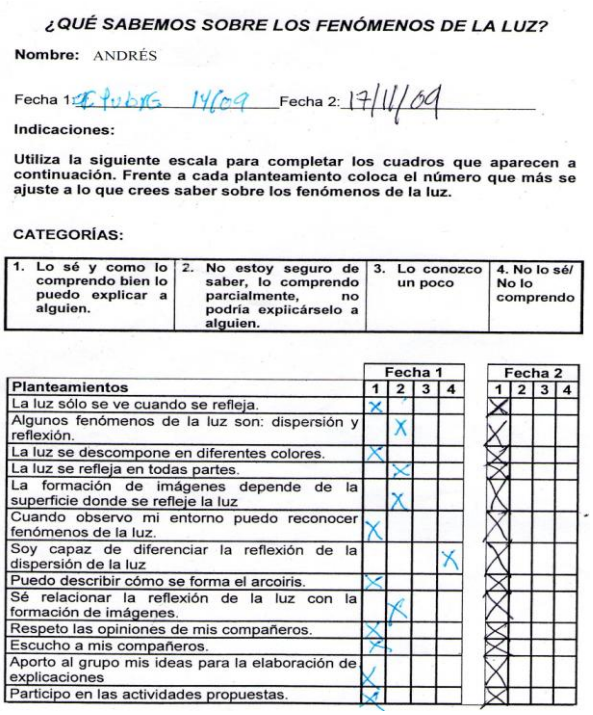
Todo lo anterior muestra cómo las respuestas a situaciones similares a través del tiempo, dan cuenta de cambios en las componentes de la ecología conceptual individual de Andrés. En el siguiente cuadro resumiremos los cambios evidenciados entre una entrevista y otra. Los espacios en blanco revelan que dicha componente no se presentó durante la entrevista indicada.

COMPONENTE	ENTREVISTA 1	ENTREVISTA 2	ENTREVISTA 3
Compromisos epistemológicos	La luz ubicada en la fuente. La luz ubicada en un objeto	La luz como una entidad en el espacio que se refleja en los objetos	La luz como una entidad que viaja en el espacio, proveniente de diferentes fuentes, y presenta los fenómenos de reflexión y dispersión
Creencias y conceptos metafísicos	La función de la luz es alumbrarnos para poder trabajar, conseguir los alimentos y diferenciar el día de la noche.	El sol es el principal astro del universo, refleja todo el universo. La fusión del sol y lo lluvia producen inexplicablemente el arcoíris	Dios saca el sol y las gotas de lluvia para crear el arcoíris.
Anomalías	La relación entre el sol, las gotas de lluvia y el arcoíris	Las razones por la que podemos ver los objetos	
Analogías y metáforas			Los elementos del montaje de la dispersión de la luz de la Sala Galileo Interactiva para explicar los elementos que dan lugar a la formación natural del arcoíris
Ejemplares e imágenes		La experiencia de la primera entrevista con el laser, el espejo y la hoja de papel, para hablar de la reflexión de la luz	El montaje de la dispersión de la luz como un esquema previamente construido para dar cuenta del fenómeno de la dispersión de la luz
Experiencia anterior	La relación entre energía eléctrica y algunas fuentes de luz	La relación entre energía eléctrica y algunas fuentes de luz	La relación entre energía eléctrica y algunas fuentes de luz
Otros conocimientos	La relación de los movimientos de la		

	tierra con el día y la noche		
Compromisos ontológicos	Categoría de materia: la luz está contenida en los objetos	Categoría de proceso: el fenómeno de la reflexión de la luz se interpreta como una sucesión de hechos relacionados.	Categoría de proceso: los fenómenos de reflexión y dispersión de la luz se interpretan a partir de relaciones complejas que forman parte de un sistema de conocimientos.

Tabla 3: Resumen de las componentes de la ecología conceptual individual de Andrés

Para concluir este caso, retomaremos el KPSI aplicado antes y después de todo el trabajo con los estudiantes. Al inicio, Andrés deja claro que no es capaz de diferenciar la reflexión de la dispersión de la luz, además, no está seguro de saber o comprende parcialmente dichos fenómenos, el proceso que da cuenta de la reflexión de la luz, la formación de imágenes y la relación de entre estos dos procesos. Luego de todo el trabajo realizado, el niño ha cambiado su forma de pensar, dice que conoce todos los conceptos y procedimientos que aparecen en este instrumento, y como los comprende bien los podría explicar a alguien.



¿QUÉ SABEMOS SOBRE LOS FENÓMENOS DE LA LUZ?

Nombre: ANDRÉS

Fecha 1: 14/09 Fecha 2: 17/11/09

Indicaciones:

Utiliza la siguiente escala para completar los cuadros que aparecen a continuación. Frente a cada planteamiento coloca el número que más se ajuste a lo que crees saber sobre los fenómenos de la luz.

CATEGORÍAS:

1. Lo sé y como lo comprendo bien lo puedo explicar a alguien.	2. No estoy seguro de saber, lo comprendo parcialmente, no podría explicárselo a alguien.	3. Lo conozco un poco	4. No lo sé/ No lo comprendo

Planteamientos	Fecha 1				Fecha 2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
La luz sólo se ve cuando se refleja.	X				X			
Algunos fenómenos de la luz son: dispersión y reflexión.		X			X			
La luz se descompone en diferentes colores.	X				X			
La luz se refleja en todas partes.		X			X			
La formación de imágenes depende de la superficie donde se refleje la luz		X			X			
Cuando observo mi entorno puedo reconocer fenómenos de la luz.	X				X			
Soy capaz de diferenciar la reflexión de la dispersión de la luz				X	X			
Puedo describir cómo se forma el arcoiris.	X				X			
Sé relacionar la reflexión de la luz con la formación de imágenes.		X			X			
Respeto las opiniones de mis compañeros.	X				X			
Escucho a mis compañeros.	X				X			
Aporto al grupo mis ideas para la elaboración de explicaciones	X				X			
Participo en las actividades propuestas.	X				X			

Figura 12: Ilustración del KPSI de Andrés

6.2.3 El caso de Yeny

Una niña de 10 años, tierna, respetuosa, seguidora de las normas, demasiado participativa y colaboradora. Vive con su madre, la cual se ve obligada a dejarla sola casi todo el tiempo, ya que le toca trabajar porque es madre cabeza de hogar. Sin embargo le brinda a Yeny tiempo de calidad, le inculca muchos valores, se preocupa porque sea una persona estudiosa y responsable.

6.2.3.1 Yeny en el grupo

El análisis de la influencia del grupo sobre las ideas de Yeny, se hará de la misma forma que en los casos anteriores. Se aludirá a las situaciones donde Yeny, bajo el contexto grupal, manifieste comportamientos o expresiones verbales que estén asociadas a las componentes de la ecología conceptual. Las oraciones transcritas en este análisis han sido tomadas de acuerdo con la base de datos para el análisis grupal (ver Anexo 7), haciendo el filtro correspondiente a este caso.

Momento grupal 1

Durante la visita libre por la Sala Galileo, las risas de Yeny se hacen notar en el entorno, los registros dan cuenta de una niña que interactúa y se emociona con lo que observa. Sin embargo, su participación en las ideas del grupo se ve empañada por la timidez. En el espejo plano, las ideas explicativas están en el plano del realismo ingenuo, dice que ¨*al estar medio cuerpo, se hace la otra mitad, es como algo que hace un doble, o algo así*¨ Y en cuanto a la dispersión de la luz, sólo se limita a hablar de los colores que ve, pero no intenta aproximarse al fenómeno que hay tras lo que es perceptible a la vista.

En la siguiente actividad, se trabaja con pelotas que rebotan en superficies para mostrar un proceso análogo en la trayectoria de la luz. Poco a poco los comentarios cortos y tímidos de Yeny toman fuerza en el grupo porque es la primera en identificar la diferencia ontológica de las dos experiencias, la materialidad de la pelota y la inmaterialidad de la luz. Dice que la actividad con la pelota es diferente a la de la luz porque ¨*la luz no se tira, la pelota si*¨, lo cual da una alarma general a los argumentos del grupo; luego, complementa la discusión con una frase que silencia a sus compañeros y refuta las hipótesis que algunos han planteado:

> ¨*No porque con el laser, la luz quedaba en los dos lugares (se refiere a el espejo y una hoja de papel), en cambio con esto (la pelota) llega allá (la pared) y se devuelve, no queda en las dos partes*¨

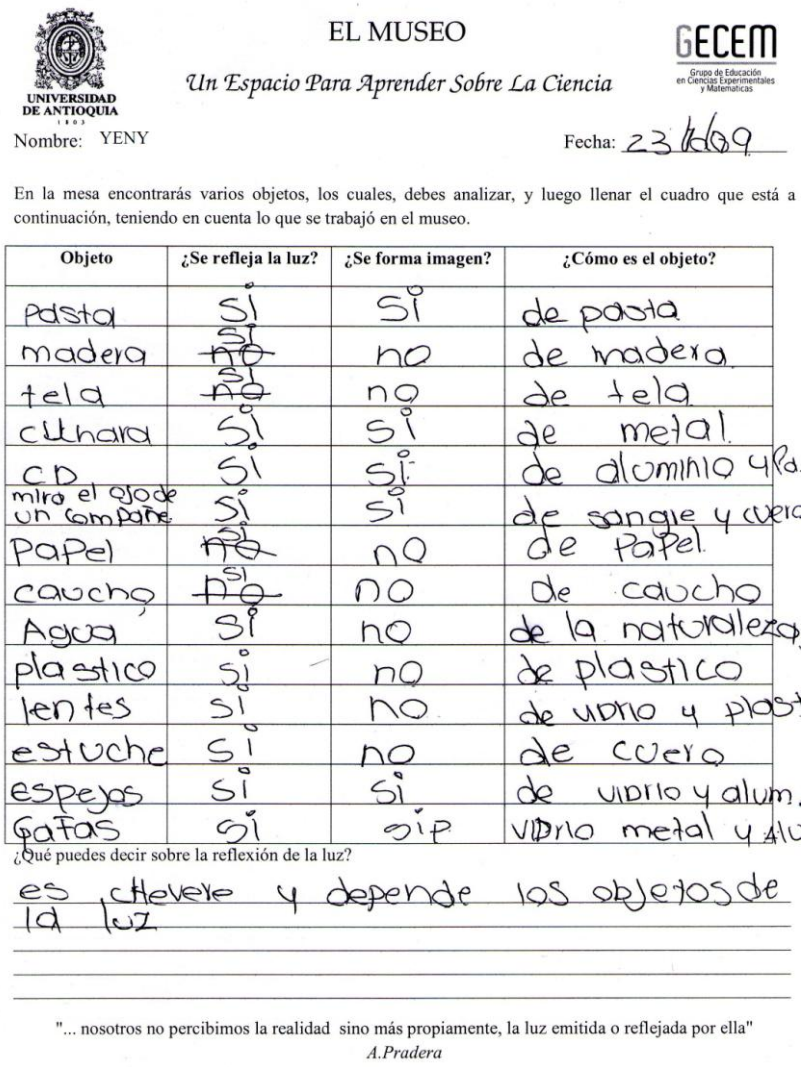
Ante estas palabras, los compañeros se ríen y no encuentran cómo impugnarle la idea, todos aceptan que tiene la razón, incluso Andrés dice que ¨*con esa si nos mató*¨. Por primera vez se le nota a Yeny segura en el grupo, este episodio es la llave que le muestra a sí misma la importancia de su trabajo para el funcionamiento del equipo, de ahí en adelante su participación aumenta y la comunicación que propone fortalece el discurso colectivo, es decir, en este momento la niña ha hecho todo el mérito para pertenecer al grupo.

En una situación posterior, el profesor pregunta al grupo dónde está la luz que sale de las lámparas; algunos niños responden que en la lámpara o en el piso, pero Yeny hace señas que indican que está en todo el espacio de dicho lugar. Y cuando el profesor pregunta qué está haciendo la luz de la lámpara, Andrés dice que permite ver las sombras, pero ella niega esa premisa y dice que permite ver todos los objetos. Además, cuando Nancy plantea el argumento que describe la luz como una entidad invisible en el espacio, que permite ver todos los objetos a través de la reflexión, Yeny manifiesta reiteradamente la aprobación por los argumentos de su compañera. De esta manera, se puede

ver que epistemológicamente, la niña entiende la luz como una entidad ubicada en el espacio, que no es material y relaciona el proceso con las fuentes de luz.

Hay un momento en el que la niña trata de diferenciar lo que ocurre en un espejo plano y una pared, ella dice que en una pared no hay reflejo y que en los espejos las cosas se ven al revés de cómo en realidad son. Y luego, en una serie de preguntas sobre la reflexión de la luz y la formación de imágenes, ella hace comentarios errados, por lo cual decide guardar silencio y prestar mucha atención a lo que los demás dicen. Evidentemente no tiene claro el fenómeno de la reflexión de la luz, pero ha comprendido la inversión (izquierda-derecha) que se da en los espejos planos. Es importante señalar este punto para que más adelante nos demos cuenta de los cambios ontológicos y epistemológicos que se dan en la ecología de la niña sobre este fenómeno, a partir de la participación y comunicación con el grupo.

En todo el recorrido por los demás montajes sobre la reflexión de la luz, Yeny no ha hecho comentarios que aporten al discurso grupal, por el contrario, se la ha pasado analizando los comentarios y explicaciones del profesor y de los compañeros. Resulta interesante mirar el cuadro de estructuración de conocimientos (Ver Figura 14) , donde individualmente debían decir en qué objetos se refleja la luz y en cuáles se forma imagen. Analizando el desempeño de Yeny, nos damos cuenta que en más de la mitad del trabajo estaba respondiendo con la misma confusión que ha tenido sobre la reflexión de la luz y la formación de imagen; sin embargo, hay un momento donde ella parece tomar conciencia y empieza a tachar y cambiar las respuestas, correcciones acertadas que cumplen con el objetivo de la actividad: diferenciar los fenómenos de formación de imagen y reflexión de la luz.



EL MUSEO

Un Espacio Para Aprender Sobre La Ciencia

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

GECEM

Grupo de Educación en Ciencias Experimentales y Matemáticas

Nombre: YENY

Fecha: 23/6/09

En la mesa encontrarás varios objetos, los cuales, debes analizar, y luego llenar el cuadro que está a continuación, teniendo en cuenta lo que se trabajó en el museo.

Objeto	¿Se refleja la luz?	¿Se forma imagen?	¿Cómo es el objeto?
pasta	Si	Si	de pasta
madera	~~no~~ Si	no	de madera
tela	~~no~~ Si	no	de tela
cuchara	Si	Si	de metal
CD	Si	Si	de aluminio y Pa
mira el ojo de un compañe	Si	Si	de sangre y cuer
papel	~~no~~ Si	no	de papel
caucho	~~no~~ Si	no	de caucho
Agua	Si	no	de la naturaleza
plastico	Si	no	de plastico
lentes	Si	no	de vidrio y plas
estuche	Si	no	de cuero
espejos	Si	Si	de vidrio y alum.
gafas	Si	sip	vidrio metal y al

¿Qué puedes decir sobre la reflexión de la luz?

es chevere y depende los objetos de la luz

"... nosotros no percibimos la realidad sino más propiamente, la luz emitida o reflejada por ella"
A.Pradera

Figura 13: Ilustración del trabajo de Yeny sobre
La reflexión de la luz y la formación de imagen

En una sesión posterior, se les pide realizar esta misma actividad pero en forma grupal. Yeny participa constantemente, hace sugerencias y recomendaciones para organizar las ideas y mantener el orden y el respeto. Nancy hace un comentario en el que indica que para que haya formación de imagen se necesita que el objeto sobre el que incide la luz sea plano, a lo cual Yeny objeta y le indica que está equivocada porque hay muchos objetos que son curvos y producen imagen.

Al entregarles un recipiente de plástico transparente, Yeny dice que no hay reflexión de la luz, a lo que el grupo manifiesta inmediatamente rechazo, pero no se limitan a refutarle sino que centran la atención en la compañera y usan diferentes argumentos, acompañados de ejemplos, para indicarle que independiente del objeto, la luz se va a reflejar en todos ellos. La conclusión que saca el grupo de todo el trabajo es ¨*que es cuando la luz se refleja en todos los objetos*¨, pero a Yeny le parece una ¨*conclusión muy boba*¨ y en el momento que Andrés lee el pie de página del instrumento: ¨*nosotros no percibimos la realidad sino más propiamente, la luz emitida o reflejada por ella*¨, dice con plena seguridad que esa sí debería ser la conclusión.

Como Andrés ha estado usando indiscriminadamente los términos de imagen y sombra, Yeny le dice que una cosa es la imagen y otra es la sombra. Inclusive, más adelante cuando el profesor les hace las respectivas aclaraciones de estos dos fenómenos, es la niña quien coloca ejemplos claros que ayudan a su compañero a entender la diferencia, y que al mismo tiempo muestran que para ella el asunto está claro.

En la actividad inicial sobre las cucharas, lo que dibuja y escribe la niña da a entender que comprende lo que ocurre por el lado cóncavo y convexo, pero más que entender el efecto final, atribuye lo que está ocurriendo al fenómeno de la reflexión, y añade que las imágenes que ve están distorsionadas. Por el lado convexo escribe: ¨*Hay una reflexión de imagen y también hay una estiración de rostro hacia atrás*¨ Por el lado cóncavo escribe: ¨*Hay una reflexión deforme y al revés y es deforme*¨



Figura 14: Ilustración del trabajo de Yeny sobre Las cucharas

Al parecer, Yeny ha articulado los elementos conceptuales que le permiten comprender la reflexión de la luz, esto no sólo por la actividad de las cucharas, sino que en el trabajo realizado con el montaje del espejo cóncavo de la Sala Galileo Interactiva, ella es de las primeras en interpretar el fenómeno como una consecuencia debida a que ¨*se está reflejando la luz*¨.

Momento grupal 2

Al inicio de esta parte, se dio una discusión grupal muy importante que recoge lo estudiado sobre la reflexión de la luz. Blas dice que ¨*en todos los objetos hay luz*¨, pero luego de que Nancy lo corrige y le da contraejemplos, Andrés entra a opinar que ¨*no es que en todos los objetos haya luz, sino que unos se refleja y*

en otros no¨. La intervención de este último niño deja ver una confusión entre la reflexión de la luz y la formación de imagen, por lo cual Yeny entra a corregir a su compañero: ¨*se refleja en todos, pero en todos no se forma imagen*¨, argumento con el que Nancy está de acuerdo.

Ahora reseñemos el desempeño de Yeny cuando se abordó el tema de la dispersión de la luz. Estando en este montaje, fue una de las más ansiosas por manipularlo, estuvo todo el tiempo en frente respondiendo las preguntas del profesor y atendiendo a las explicaciones que éste daba. En el momento de relacionar el montaje con la formación natural del arcoíris, Yeny hizo la analogía entre los elementos de forma perfecta (ver Anexo 7).

Sin embargo, cuando se estuvo analizando el proceso inverso al de la dispersión de la luz, la niña dijo que se formaría el color negro o café; al dar su argumento, el grupo se da cuenta que ella no ha comprendido cómo sería el proceso en el sentido en que se está planteando, y es Nancy quien le vuelve a explicar. Ahora, como los estudiantes no logran ponerse de acuerdo sobre lo que pasa con la superposición de luces de todos los colores, el profesor les cambia la pregunta usando los elementos del montaje y es allí cuando Yeny empieza a gritar, muy convencida, que el resultado es luz blanca.

El disco de Newton es el espacio de la Sala Galileo donde Yeny demuestra que ontológicamente ha establecido las relaciones para comprender el fenómeno de la dispersión de la luz y su proceso inverso, la superposición de luces de todos los colores. Miremos la explicación que ella da a este disco:

> *¨Es como una sensación…, eso va a girar muy rápido entonces se ve como si estuvieran revolviendo los colores y se vuelve blanco. A medida que eso va como despacio y luego va girando como más rápido, se va viendo blanco, blanco, blanco. Si el disco empieza a frenar se va poniendo de color y vuelve a los colores, la luz blanca se vuelve a descomponer en los colores, es como una devolución del proceso¨*

Pasando al artefacto del espectroscopio, analicemos la explicación que da Yeny:

> ¨*Yo creo, yo pienso que hay como puros separadorcitos y uno compre bombillitos de colores, y yo pienso pues, que colocan bombillitos en cada separadorcito*¨

Andrés y Nancy no están de acuerdo con esta hipótesis. Nancy plantea el argumento que lleva a todo el grupo a razonar, lo cual también permea en Yeny, quien llega a la conclusión que no hay separadores ni bombillos sino la dispersión de la luz que sale de una lámpara que contiene un gas. Así como el grupo modificó el discurso de Yeny, ella también da lugar a una anomalía interesante y que ninguno había planteado: ¨*qué diferencia tiene un prisma y un vidrio normal, porque a mi me gustaría hacer ese experimento*¨

Pasemos al juego de roles para que miremos el desempeño de Yeny quien, curiosamente, eligió explicar el montaje sobre la dispersión de la luz:

> Yeny: ¨*Yo soy una de las guías turísticas, mi nombre es Yeny. Hoy me toca explicarles sobre la dispersión de la luz. Esto es ehhhh, como vea, para hacer la dispersión de la luz se necesita una bombilla, algo con un agujero chiquitico y un prisma. Al la bombilla alumbrar, se viene por el agujero (*se refiere al prisma que direcciona la luz*) y llega al prisma, al llegar al prisma se descompone y se conforman diferentes colores, y ahí viene a dar un arcoíris*¨
> Profesor: ¨ *¿Qué es lo que se descompone acá (*señala el montaje*)?*¨
> Yeny: ¨*se descompone la luz*¨
> Profesor: ¨ *¿cuál luz?* ¨
> Yeny: ¨*mmm* (la niña se queda en silencio y se muestra intimidada) ¨
> Profesor: ¨(abraza la niña mostrándole su apoyo y dándole confianza) *es que no estamos en un examen, cuando ustedes juegan a la mamacita, a la casita, uno los ve jugando y es como si fuera algo de verdad, estamos jugando a que son guías del museo, yo no veo por qué tienen que estar asustados*¨

Primero se ve una guía que sabe de lo que está hablando, pero cuando empiezan las preguntas pierde la seguridad. Este escenario muestra palpablemente cómo el contexto sociocultural influye en la forma como se pone en juego el conocimiento, y cómo se ven afectados los compromisos ontológicos y epistemológicos en una situación de presión grupal. La intervención del profesor resultó determinante en el ejercicio con Yeny, porque luego del respaldo y exhortación afectuosa, la niña defendió su papel mediante

respuestas concretas y coherentes con el trabajo que se ha venido realizando. Continuemos en aquel momento:

> Yeny: ¨*ehh, ¿qué luz? Una luz blanca que proviene de una bombilla*¨
> Blas: ¨ *¿Qué se necesita para descomponer la luz?*¨
> Yeny: ¨*Pues, la luz blanca, un prisma, y…, algo con…(*señala el otro prima, el que está direccionando el rayo de luz*). Dos prismas, puede ser uno solo, el más importante en esta ocasión es este (*señala el prisma que está dispersando la luz*), este (*señala el que está direccionando el rayo de luz*) no tiene que ser necesariamente un prisma, podría ser cualquier cosita que tuviera un agujerito, ese sólo está direccionando la luz y al llegar al prisma se está formando el arcoíris*¨
> Profesor: ¨*y si yo hiciera lo contrario, ¿qué pasaría?*¨
> Yeny: ¨*pues se volvería blanco, se revolverían y formarían algo blanco, la luz*¨
> Profesor: ¨ *¿qué pasa si no está el prisma?*¨
> Yeny: ¨*pues la luz seguiría blanca y con la misma dirección, seguiría derecho*¨

Las situaciones a las que se enfrentó la niña, pusieron en juego los compromisos ontológicos y epistemológicos, pero como se puede ver, ella tiene claro cómo funciona este elemento del Museo, sabe la función de cada uno de sus componentes y los sabe relacionar para dar cuenta de la dispersión de la luz.

En el momento que sus compañeros hicieron el papel de guías, la comunicación de Yeny no estuvo dirigida a crear discusiones, sino a complementar y contribuir con los que están haciendo el papel de guía. Se puede destacar el papel de Yeny durante la exposición de Andrés en el espejo cóncavo. Todo el tiempo se la pasó preocupada al ver que el desempeño de su compañero no era el esperado por el grupo, incluso, se le llamó la atención porque estaba respondiendo algunas de las preguntas que se le hacían al guía, no a ella.

Recordemos que Yeny no distinguía los fenómenos de reflexión de la luz y formación de imagen, y sólo ante la explicación del grupo pudo entender la diferencia. Ahora, era su turno para prestar esa misma ayuda; cuando Andrés dió una explicación errónea utilizando estos mismos fenómenos y despertó inconformidad en la mayoría, ella le dijo:

> ¨*Tú ahorita dijiste que la reflexión era diferente a la formación de imagen y tú dijiste que ahí* (se refiere al espejo cóncavo) *no se refleja la luz. Acuérdese bien qué es la reflexión de la luz y la formación de imagen*¨

Esto además de una muestra de pertenencia grupal y un llamado a ubicarse en el discurso colectivo, es prueba de que la niña, gracias a su empeño y a la colaboración del grupo, ha superado la dificultad que tenía para diferenciar los fenómenos, dándoles el significado epistemológico que el grupo ha alcanzado.

Pasemos a la actividad final, donde Yeny es quien más ha trabajado en su idea y, al ver que algunos de sus compañeros se la han pasado caminando por el lugar, les hace el llamado de atención. En más, como Nancy es quien más se ha relegado de la actividad y se la ha pasado quejándose porque no tiene ideas, Yeny le reprocha: ¨ *¡Eh ave María! Nancy, de tantas cosas tan interesantes y no ha pensado ni una*¨ Todo este tipo de emociones e intenciones que han sido constantes en Yeny (el orden en la ejecución de tareas, la solicitud de la palabra, el respeto por el otro y por las ideas del otro, los acuerdo grupales, la responsabilidad con las propuestas de trabajo), hacen parte de los compromisos ontológicos que han llevado a que esta niña haya organizado el discurso y las propuestas alrededor de las ideas científicas.

En el trabajo final de Yeny, se ve la conformación de un ejemplar e imagen a partir del trabajo en el museo. Ella dice que realizó una ¨*máquina de la dispersión de la luz*¨: utilizando diferentes elementos, hace una réplica del montaje sobre la dispersión de la luz y procede a dar una explicación muy similar a la que hizo cuando asumió el papel de guía del museo (ver Anexo 7), sólo que esta vez está mucho más convencida de lo que dice y da las razones que argumentan las variaciones que tiene su maqueta con respecto al montaje original.

La exposición del trabajo de Blas es otra oportunidad para que Yeny muestre solidaridad con sus compañeros, y al tiempo, deje ver que comprende la relación entre la reflexión de la luz y la formación de imágenes:

> *¨Vea, usted está confundido, la reflexión es pues donde, como decir que ¿aquí* (señala todo el salón) *hay reflexión?, acá si hay reflexión, en todo esto hay reflexión, pues la luz, a eso se le llama reflexión de la luz, y usted de lo que está hablando es de la formación de imagen, ¿no será? … La profe le preguntó que ¿si no hay espejos no hay reflexión? Y usted dijo que no porque tal vez usted piensa es en la formación de imagen¨*

Durante todo este análisis de Yeny en el grupo, hemos podido notar aumento en la participación discursiva, lo que le ha generado progresivamente conectarse al discurso grupal, y finalmente, es evidentemente que su disciplina, atención y trato con los demás, la ha llevado a ganarse la pertenencia al grupo. Así mismo, hemos referenciado cómo las actividades realizadas en el contexto grupal han influido para que se den cambios en los compromisos epistemológicos, las anomalías, las analogías y metáforas, los ejemplares e imágenes y los compromisos ontológicos.

En la autoevaluación del proceso ella hace un resumen de su desempeño:

> *¨Muy bacano, me gustó, me siento muy contenta de que me hayan escogido para el Museo Interactivo Galileo Galilei, pues me gustó todo lo que aprendimos, algo más de aprendizaje, por ejemplo aprendimos sobre la reflexión, la formación de imagen, aprendimos sobre el espejo mmm cóncavo y convexo, y ¿qué mas?, cómo se forma un arcoíris y nos sacaron de las dudas de todo. … Y me gustó el trabajo de equipo, individual, estar con ustedes y con todos los compañeros¨*

6.2.3.2 Análisis Individual

Ahora, establezcamos este análisis a partir de la matriz de relación entre las entrevistas para el caso de Yeny (ver Anexo 11). Las oraciones transcritas han sido tomadas de dicha matriz.

La estudiante relaciona la palabra luz con el supuesto metafísico de que el fin último de la luz es alumbrar, luego escribe las palabras sol, vela y bombillo,

argumentando que sin el sol no hay luz, y que la energía crea electricidad para que se de luz en los bombillos (ver Anexo 11). Con respecto a la vela, surge una anomalía porque ella misma asegura que no sabe explicar la relación de este objeto con la luz. Todo lo anterior está implícito en el compromiso epistemológico de la luz ubicada en la fuente.

En una entrevista posterior, la relación se establece con las palabras sol, vela, candela, enchufe y reflejo. Los primeros cuatro términos mantienen el compromiso epistemológico, pero la incorporación de la palabra reflejo revela uno de orden ontológico en la categoría de materia ya que la estudiante relaciona la reflexión como un fenómeno propio de los espejos, como si de éstos saliera luz, y al solicitársele que ilustre con otros objetos donde haya reflexión, se le crea una anomalía.

Esta misma pregunta en la entrevista final, confirma que la niña está relacionando la luz con algunas fuentes: una linterna, una candela, la vela, un laser, el sol, un toma de energía. Hay que señalar que la palabra energía aparece en todas las entrevistas, pero sólo se está refiriendo a la energía eléctrica como el elemento que hace posible la emisión de luz por parte de algunos objetos, lo que está tomado de su experiencia anterior con los electrodomésticos.

Cuando se le pregunta dónde hay luz en el lugar de la entrevista, en la primera señala distintos objetos y espacios para indicar epistemológicamente que la luz está ubicada en los objetos; además, las sombras las asume como un concepto metafísico al decir que son la ausencia de luz. En la segunda y en la tercera, se ve el cambio epistemológico que se esperaría desde la primera pregunta donde se limitó a hablar de las fuentes de luz, ahora su discurso es firme y contundente al afirmar que la luz está en todas partes, lo que la lleva a la categoría de la luz ubicada en el espacio.

En la primera entrevista, Yeny tiene una anomalía cuando se le pregunta qué está haciendo la luz en el lugar de la entrevista, sin embargo, en la entrevista posterior, las razones está ligadas a la visión de los objetos por medio de la reflexión de la luz, pero esta reflexión aún entendida como una propiedad material asociada a los espejos.

En los tres momentos de las respuestas, la niña explica las razones por las que vemos, a través de supuestos metafísicos: en el primero ¨*porque Dios nos dio un órgano*¨, en el segundo ¨*nosotros vemos por la luz*¨ y al tratar de desarrollar la idea se le crea una anomalía porque ésta afirmación se sale de su marco de explicación, y en el tercero ¨*por los ojos, órganos que inventó Dios*¨, pero de inmediato renuncia a esta afirmación y pasa a exponerlo desde el compromiso epistemológico en el que la visión de los objetos es una consecuencia de la reflexión de la luz en ellos (ver Anexo 11).

Ahora miremos las situaciones planteadas a la estudiante sobre la reflexión de la luz. En la primera entrevista se hizo incidir la luz de un láser sobre un espejo para que se reflejara en una hoja de papel, Yeny afirma que la luz se encuentra en la hoja de papel, de donde se infiere que epistemológicamente la luz está ubicada en los objetos. Nuevamente se encuentra el mismo argumento que asigna características ontológicas materiales al fenómeno, como si fuese propio de los espejos, y al pedírsele que explique cómo hace la luz para pasar del láser al papel, se le crea una anomalía, la estudiante se pone la mano en la cara, sostiene la barbilla en la mano y hace un gesto como buscando qué decir, niega con la cabeza algún argumento.

La segunda entrevista arroja como resultado un cambio de tipo epistemológico, ya que no ubica la luz en los objetos sino en como una entidad invisible ubicada en el espacio. Luego de usar la experiencia de la primera entrevista como un ejemplar e imagen para repetir mentalmente el experimento, señala que sólo se puede ver cuando choca en el espejo y en el papel, pero que igualmente está

en toda la trayectoria del rayo de luz, lo que pasa es que no la podemos ver, pero ahí está.

En la tercera entrevista se le entrega un espejo y se le pide que ilumine una hoja de papel con la luz del sol. Yeny identifica inmediatamente que se trata del fenómeno de la reflexión y pasa a explicarlo desde la categoría ontológica de proceso, utilizando como analogía la experiencia planteada en la primera entrevista con el láser, el espejo y la hoja de papel.

Continuando con otra de las preguntas centrales, se le entrega la imagen del sol, las gotas de lluvia y el arcoíris para que cuente una historia corta. Tanto en la primera como en la segunda entrevista, la historia narrada es sobre una persona ciega y los lazos afectivos de la familia; ontológicamente esto se ubica en la categoría de estado mental donde la naturaleza del conocimiento gira en torno a las intenciones y emociones, al mismo tiempo, se presenta la categoría de materia, ya que organiza la narración en torno a las funciones del ojo y llega a combinar el sol y la lluvia en tanto objetos materiales indispensable para formar el arcoíris.

Miremos lo que cuenta en la última entrevista con detenimiento para que podamos hacer inferencias que no son tan obvias:

> *¨Que erase una vez, ehhh el África si o no, que en el África no había agua, ¡bueno lo que sí hay es sol. Entonces erase una vez en el África y de repente pues! Un milagro de Dios! Para ellos el agua es sagrada, entoes llovió, pero muy poco, entoces ellos hay! Mirá la lluvia, empezaron a colocar ollitas y trabajaron y bueno, entonces ehh que:::de repente llegó el sol pues, no se como allá siem::::pre está el sol entonces llegó ahí, mientras estaba la lluvia y eso hizo que se formara un arcoíris y ellos allá ve eso parece un dibujo…(jejeje) eso parece un dibujo, y:: entonces llegó un muchacho, un señor de Colombia y entonces él le dijo ¡ve! Un dibujo! No!!y él le dijo que! No! que eso provenía de la naturaleza y eso se formaba con el agua y la lluvia, eh!(con el agua y la lluvia) con la lluvia y el sol.¨*

La niña está proponiendo mediante su historia el cambio de creencias y conceptos metafísicos por compromisos epistemológicos. Al inicio usa la figura de los africanos para dar cuenta de la creencia de que Dios milagrosamente

nos proporciona la luz del sol y la lluvia. Luego incorpora el arcoíris como un concepto metafísico representado artificialmente en un dibujo. Posteriormente, entra el actor principal que es un muchacho colombiano a romper esos supuestos metafísicos, cambiándolos por compromisos epistemológicos donde se explique la formación del arcoíris como un proceso natural razonable mediante relaciones causales de hechos relacionados. Lo que no está explícito es qué tanto los africanos como el experto colombiano, están representando a Yeny en la historia; recordemos que en una pregunta anterior, ella deja ver creencias y conceptos metafísicos parecidos a los de los africanos de la historia, por lo que parece estar dando cuenta de un cambio en las componentes de su ecología.

A continuación, se le pedió a la niña que volviera a contar la historia pero sin el sol. En los dos primeras entrevistas señala que sin el sol no se puede formar el arcoíris ya que éste es una combinación del sol con la lluvia, pero al pedírsele que relate lo forma como se da esa combinación se le crea una anomalía (ver Anexo 11). Con esto se ratifica que, desde la componente ontológica, la formación del arcoíris es para Yeny un evento material entre el sol y la lluvia.

Con la tercera entrevista, se empieza a ver el trabajo de la intervención didáctica, primero dice que no es posible que haya arcoíris sin la luz del sol, por lo que los africanos no se hubiesen asombrado de nada ni hubiera llegado el muchacho colombiano. Luego argumenta que si no hay sol, pero hay lluvia y arcoíris, no se está hablando de un proceso natural sino de algo artificial como una caricatura. Este tipo de relaciones entre los objetos y los efectos en la historia, revelan en la componente ontológica un sistema de interacción entre los conceptos y los procesos del fenómeno.

Si se le quita la lluvia a la historia, tanto en la primera como en la segunda entrevista, la estudiante dice que es imposible la formación del arcoíris, dando el mismo argumento que sostiene el compromiso ontológico; sin embargo, en la

segunda entrevista trata de incorporar el fenómeno de reflexión como una posible salida a la situación planteada, lo que al final se le convierte en un anomalía puesto que se da cuenta que no logra hilar las oraciones (ver Anexo 11). Con la tercera entrevista la respuesta es contundente: por la relación de los eventos no se podría dar la formación natural del arcoíris.

Al retirar el arcoíris y preguntarle cómo cambia la historia, en la entrevista uno y dos permanece el compromiso ontológico; la niña expresa que continúa igual puesto que así se le quite el arcoíris, se formaría otro con la combinación de los dos elementos que posee: sol y agua. En la tercera entrevista la respuesta es la misma pero la explicación tiene un fondo ontológico en la categoría de proceso: ¨ *con el sol y con la lluvia es con lo que se forma el arcoíris. La luz blanca se descompone en todos los colores* ¨ Y al preguntársele cómo se da ese proceso, usó el montaje de la dispersión de la luz de la Sala Galileo Interactiva como una analogía que da cuenta de ello: ¨*Es como si las gotas de lluvia fueran un prisma, como lo que vimos como lo que vimos en el…en el …en el museo*¨

Tal y como en los anteriores casos, ahora resumiremos los cambios que se fueron dando con el transcurrir de la entrevistas en cada uno de los componentes de la ecología conceptual de Yeny. Los espacios en blanco revelan que dicha componente no se presentó durante la entrevista indicada.

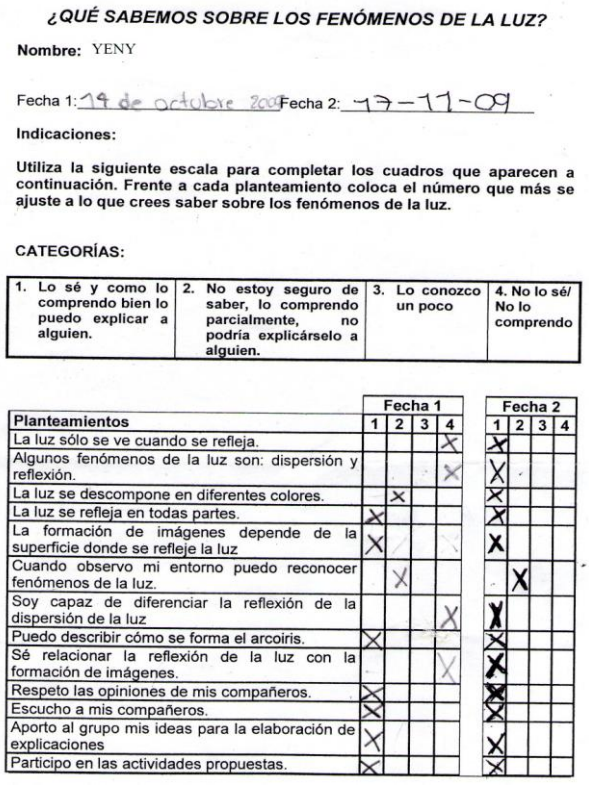
COMPONENTE	ENTREVISTA 1	ENTREVISTA 2	ENTREVISTA 3
Compromisos epistemológicos	La luz ubicada en la fuente. La luz ubicada en un objeto	La luz como una entidad en el espacio proveniente de diferentes fuentes	La luz como una entidad en el espacio, proveniente de diferentes fuentes, y presenta los fenómenos de reflexión y dispersión
Creencias y conceptos metafísicos	La función de la luz es alumbrar Las sombras son ausencia de luz Podemos ver gracias a que Dios nos dio un órgano para ello	La existencia de la luz garantiza la visión.	Podemos ver gracias a que Dios nos dio un órgano para ello La lluvia y el sol son un milagro de Dios

Anomalías	La relación entre una vela y la luz La función de la luz en un espacio determinado Cómo hace la luz para pasar de un láser a una hoja de papel. Cómo se combinan el sol y la lluvia para formar el arcoíris. El significado de la palabra reflejo La relación del sol y la lluvia para la formación del arcoíris	Además del espejo, qué elementos se podrían utilizar para hablar de reflejo Qué hace la luz para posibilitar la visión de los objetos La influencia de la lluvia en la formación del arcoíris	
Analogías y metáforas			La experiencia de la primera entrevista con el laser, el espejo y la hoja de papel, para explicar la reflexión de la luz Los elementos del montaje de la dispersión de la luz de la Sala Galileo Interactiva para explicar los elementos que dan lugar a la formación natural del arcoíris
Ejemplares e imágenes		La experiencia de la primera entrevista con el laser, el espejo y la hoja de papel, para hablar de la reflexión de la luz	
Experiencia anterior		La relación entre energía eléctrica y algunas fuentes de luz	La relación entre energía eléctrica y algunas fuentes de luz
Otros conocimientos			
Compromisos ontológicos	Categoría de materia: la reflexión es un fenómeno propio de los espejo Categoría de materia: la dispersión de la luz se debe a la combinación de dos objetos materiales: el sol y el agua. Categoría de estado	Categoría de materia: la reflexión es un fenómeno propio de los espejo Categoría de materia: la dispersión de la luz se debe a la combinación de dos objetos materiales: el sol y el agua. Categoría de estado	Categoría de proceso: el fenómeno de la reflexión de la luz se explica como una sucesión de hechos relacionados entre sí, y el fenómeno de la dispersión de la luz se interpretan a partir de relaciones

	mental: la naturaleza del conocimiento gira en torno a las intenciones y emociones	mental: la naturaleza del conocimiento gira en torno a las intenciones y emociones	complejas que forman parte de un sistema de conocimientos.

Tabla 4: Resumen de las componentes de le ecología conceptual individual de Yeny

Recordemos que antes y después de todo el trabajo realizado con los niños en la Sala Galileo interactiva, se les aplicó un KPSI. En éste, Yeny manifiesta cambios muy importantes. En el formato inicial dice que no sabe o no comprende cuándo se ve la luz, la dispersión y la reflexión de la luz, la diferencia entre éstos y la relación de la reflexión de la luz con la formación de imágenes; además, comprende parcialmente la descomposición de la luz en colores y el reconocimiento de los fenómenos de la luz en el entorno. En el formato final expresa que comprende parcialmente la descomposición de la luz, pero los demás conceptos y procedimientos los sabe, los conoce bien y los podría explicar a otra persona.



¿QUÉ SABEMOS SOBRE LOS FENÓMENOS DE LA LUZ?

Nombre: YENY

Fecha 1: 19 de octubre 2009 Fecha 2: 17-11-09

Indicaciones:

Utiliza la siguiente escala para completar los cuadros que aparecen a continuación. Frente a cada planteamiento coloca el número que más se ajuste a lo que crees saber sobre los fenómenos de la luz.

CATEGORÍAS:

1. Lo sé y como lo comprendo bien lo puedo explicar a alguien.	2. No estoy seguro de saber, lo comprendo parcialmente, no podría explicárselo a alguien.	3. Lo conozco un poco	4. No lo sé/ No lo comprendo

Planteamientos	Fecha 1				Fecha 2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
La luz sólo se ve cuando se refleja.				X	X			
Algunos fenómenos de la luz son: dispersión y reflexión.				X	X			
La luz se descompone en diferentes colores.		X			X			
La luz se refleja en todas partes.	X				X			
La formación de imágenes depende de la superficie donde se refleje la luz	X				X			
Cuando observo mi entorno puedo reconocer fenómenos de la luz.		X				X		
Soy capaz de diferenciar la reflexión de la dispersión de la luz				X	X			
Puedo describir cómo se forma el arcoiris.	X				X			
Sé relacionar la reflexión de la luz con la formación de imágenes.				X	X			
Respeto las opiniones de mis compañeros.	X				X			
Escucho a mis compañeros.	X				X			
Aporto al grupo mis ideas para la elaboración de explicaciones	X				X			
Participo en las actividades propuestas.	X				X			

Figura 15: Ilustración del KPSI de Yeny

6.2.4 El caso de Blas

Es un niño de 10 años que tiene una fuerte necesidad de sentirse aceptado y valorado, en el ambiente escolar participa con entusiasmo de las actividades que se le proponen. Blas es muy inteligente, aunque a veces resultan inoportunas sus intervenciones y no coordina las ideas, pero es analítico y le gusta el debate de temas que tengan relación con la ciencia.

Vive con la madre, el padre, una hermana menor y un hermano mayor, la madre es ama de casa y el padre trabaja como conductor de transporte público. Se puede decir que, el hogar de Blas es organizado, lo que le brinda confianza y bienestar.

6.2.4.1 Blas en el grupo

Para este último caso procederemos de manera homóloga a como se ha hecho con los anteriores para dar cuenta de los elementos grupales de participación, comunicación y pertenencia, así como los momentos donde se den situaciones que estén relacionadas con las componente de la ecología conceptual individual. Las oraciones transcritas en este análisis han sido tomadas de acuerdo con la base de datos para el análisis grupal (ver Anexo 7), haciendo el filtro correspondiente a este caso.

<u>Momento grupal 1</u>

Empezando con la exploración, el niño visita el montaje del espectroscopio donde su explicación da cuenta que asocia el evento con la luz blanca, pero lo relaciona con la reflexión de la luz, no con la dispersión y hace una descripción en función de las propiedades y cambios observables:

Profesor: ¨ *¿Qué ves?*¨
Blas: ¨*la luz, se ve así colores, como colores pero la luz reflejándose*¨
Profesor: ¨ *¿de qué color es la luz original?*¨
Blas: ¨*blanca*¨
Profesor: ¨ *¿entonces por qué ves colores?*¨
Blas: ¨*porque de pronto debe haber algún montajecito o algo*¨

Del mismo modo, cuando se mira en los diversos juegos de espejos, expresa que lo que observa es por ¨*el reflejo y la luz*¨, pero al preguntarle cómo ocurre esto, se limita a decir lo que ve pero no articula el discurso a sistemas conceptuales asociados a los fenómenos de la luz.

En otro momento, cuando se está discutiendo la diferencia entre la actividad de la pelota que rebota y la de proyectar un láser hacia un espejo, Blas reconoce que son dos procesos diferentes aunque parecidos, es decir, empieza a construir la analogía. Además utiliza un ejemplar e imagen que ha construido al hacer incidir los rayos del sol en un espejo plano, para tratar de explicar el fenómeno de la reflexión de la luz, y al preguntársele al grupo si este fenómeno sólo se da en los espejos, Blas es el primero en negar este hecho.

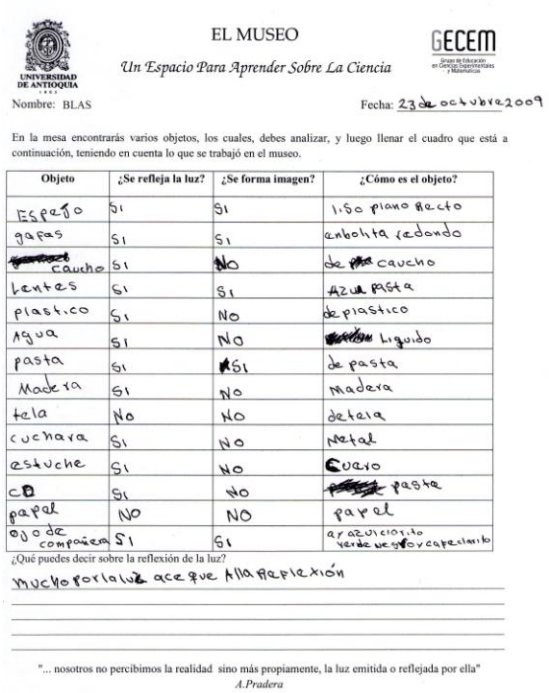
Sin embargo, en una experiencia con un láser, se hace la pregunta al grupo sobre dónde está la luz, Blas indica que ¨la luz está donde haya reflexión¨, lo que epistemológicamente deja ver que para el niño la luz está ubicada en los objetos, y ontológicamente está interpretando desde la categoría de materia. Además, al pedírseles que escribieran objetos donde se pudieran ver, Blas escribe la sombra, porque ¨*cuando yo me ubico se ve el reflejo de la sombra*¨; es claro que interpreta la sombra como un concepto material que no diferencia de la reflexión de la luz.

Hay que señalar que hasta este momento constantemente se la ha llamado la atención al niño, debido a que se distrae con mucha facilidad y en ocasiones no está atendiendo a los comentarios y discusiones de sus compañeros. Aunque no se ha relegado de las actividades propuestas, su participación no está en el nivel comunicativo del resto del grupo, no ha creado situaciones que modifiquen

las situaciones del grupo o que permitan elaborar nodos de discusión alrededor de los conceptos que se trabajan.

Durante el trabajo conceptual en el montaje sobre el ¨*túnel al infinito*¨, Blas se distrae muchísimo más, no está atento a la construcción de explicaciones grupales, lo que le traerá consecuencias más adelante cuando se desempeñe como guía del museo, puesto que éste es el elemento que seleccionó para exponer.

¨*La luz hace que haya reflexión*¨, es la conclusión final a la que llega Blas en la actividad individual donde debían establecer relaciones entre la reflexión de la luz y la formación de imagen. Aunque caracteriza la reflexión como un fenómeno de la luz, al mirar con detenimiento su trabajo se puede asegurar que no ha comprendido el fenómeno, indica que en una hoja de papel y en un pedazo de tela no hay reflexión, es decir, la está asociando con lo liso del material o con la formación de imágenes.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

EL MUSEO

Un Espacio Para Aprender Sobre La Ciencia

GECEM

Nombre: BLAS

Fecha: 23 de octubre 2009

En la mesa encontrarás varios objetos, los cuales, debes analizar, y luego llenar el cuadro que está a continuación, teniendo en cuenta lo que se trabajó en el museo.

Objeto	¿Se refleja la luz?	¿Se forma imagen?	¿Cómo es el objeto?
Espejo	Si	Si	liso plano Recto
gafas	Si	Si	enbolita redondo
caucho	Si	No	de caucho
Lentes	Si	Si	Azul pasta
plastico	Si	No	de plastico
Agua	Si	No	Liquido
pasta	Si	Si	de pasta
Madera	Si	No	Madera
tela	No	No	de tela
cuchara	Si	No	Metal
estuche	Si	No	Cuero
CD	Si	No	pasta
papel	No	NO	papel
ojo de compañera	Si	Si	ay azul claro verde negro y cafe claro

¿Qué puedes decir sobre la reflexión de la luz?

mucho por la luz ace que Alla Reflexión

"... nosotros no percibimos la realidad sino más propiamente, la luz emitida o reflejada por ella"

A.Pradera

Figura 16: Ilustración del trabajo de Blas sobre La reflexión de la luz y la formación de imagen

En una sesión posterior se realiza esta misma actividad pero en forma grupal, cuando Blas observa que Nancy asume el liderazgo del trabajo, le exige compartirlo y establece turnos para que todos tengan el mismo papel. Luego de escuchar en repetidas ocasiones los argumentos de Nancy de que la luz se refleja en todos los objetos pero no en todos se forma imagen, hay un momento donde el niño dice que la actividad es muy sencilla porque en todas la casillas donde se pregunta si la luz se refleja en todos los objetos, basta con colocar que sí, lo que daría a entender que ha estructurado el fenómeno. Pero más adelante, cuando se les entrega la hoja de papel, vuelve a lo que había escrito individualmente al decir que en ella no hay reflexión de la luz y posteriormente da ejemplos con los que quiere defender la idea de que una sombra es una imagen. Lo anterior causa reproche en el grupo y comienzan a atacarlo con preguntas irónicas, pero Nancy entra a mediar con los compañeros y defender la postura de Blas (ver Anexo 7); de ahí en adelante cambia la actitud de grupo y comienzan a utilizar varios elementos del entorno para mostrarle las diferencias en los conceptos y procedimientos; se esfuerzan por hacerle comprender las herramientas conceptuales y el uso de estas por parte del grupo.

Ahora entremos al ejercicio realizado con las cucharas, donde Blas es el primero en identificar el efecto de inversión que se da por el lado cóncavo. Al parecer, el niño empieza a establecer interpretaciones ontológicas que parten de lo material pero involucra propiedades y procedimientos inmateriales, él identifica que el fenómeno que se está dando es la reflexión de la luz, la cual produce la formación de la imagen debido a las características del objeto, y descarta la característica plana como indispensable para la formación de imagen.

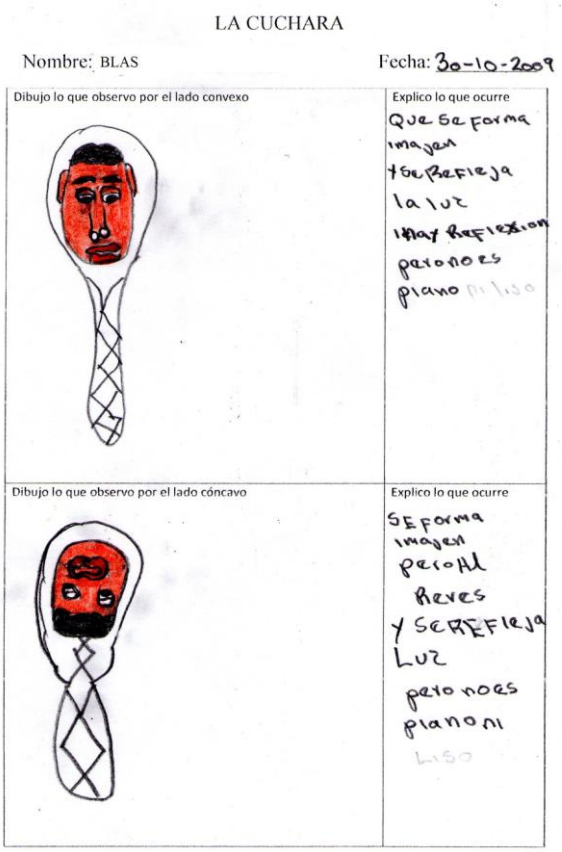


Figura 17: Ilustración del trabajo de Blas sobre Las cucharas

Por el lado convexo escribe: ¨ *Que se forma una imagen y se refleja la luz y hay reflexión pero no es plano* ¨
Por el lado cóncavo escribe: ¨ *Se forma imagen pero al revés y se refleja luz pero no es plano* ¨

En el desarrollo de este trabajo, Blas tiene dificultades con sus compañeras: con Nancy por no respetar las diferencias y defectos de los otros, y con Yeny por acusarla de estarle copiando el trabajo, este último acto fue desaprobado por todos ya que el grupo ha sido consciente de lo comprometida y responsable que es Yeny. Estas actitudes ponen en peligro la pertenencia de Blas al grupo, puesto que es el único que ha tenido problemas de tipo personal con todos sus compañeros, y más teniendo en cuenta que más adelante daña el material con el que iba a trabajar su compañero Andrés.

El niño es muy hábil utilizando analogías con lo que se haya realizado con anterioridad, esto se ve claro en el siguiente fragmento, en el que usa el trabajo con la cuchara para explicar lo que está ocurriendo en el montaje del espejo cóncavo, además, distingue el objeto de la imagen y atribuye la situación a la reflexión de la luz.

> Profesor: ¨ *¿Qué está pasando en este montaje?*¨
> Blas: ¨*nos estamos viendo al revés*¨
> Profesor: ¨ *¿qué es lo que está pasando con este espejo?*¨
> Blas: ¨*mire que uno acá, uno se ve al revés porque está del lado cóncavo. En el lado cóncavo es como cuando uno se miraba en la cuchara y eso se veía al revés, entonces si esto (señala el bombillo) lo hubieran puesto hacia arriba entonces sí se hubiera visto hacia abajo*¨
> Profesor: ¨*sabemos que eso se da porque ¿qué es lo que pasa con la luz?*¨
> Blas: ¨*se está reflejando y está viajando*¨
> Profesor: ¨ *¿el bombillo que se está viendo ahí es una imagen?*¨
> Blas: ¨*¡Si!*¨

Momento grupal 2

Esta parte inicia con un conversatorio entre los niños donde hablan sobre los conceptos que ya hemos estudiando. Blas crea una ruptura en los comentarios porque dice que en todos los objetos hay luz, expresión con la que no están de acuerdo sus compañeros, por lo que uno a uno empiezan a dar sus apreciaciones con respecto a este asunto, tratando de articular el discurso de Blas al del colectivo. Para evitar que Blas se distraiga con facilidad como ha ocurrido en muchas ocasiones, se le hace un llamado a mantener la concentración en las actividades del conjunto y a controlar el movimiento de las extremidades.

Pasando al montaje de la descomposición de la luz, de nuevo se ve en Blas el uso de las analogías y metáforas al comparar este fenómeno con lo que ocurre cuando un disco compacto o una mancha de aceite están expuestos a la luz. Aunque el niño no participa mucho en esta parte, casi todo el tiempo está atento a las explicaciones del profesor, y como resultado, construye la analogía

entre este fenómeno y la formación natural del arcoíris. Dice que la lámpara es como la luz del sol y el prisma lo sustituye por la lluvia (ver Anexo 7).

En la actividad individual que buscaba estructurar los conocimientos adquiridos, el niño indica que para formar un arcoíris se necesita luz y lluvia, y esto lo organiza a través de un dibujo donde ubica en primera instancia la luz del sol, luego las nubes con las gotas de lluvia y al final el arcoíris. Así mismo, vuelve a usar la analogía del agua y el aceite; explica gráficamente que al echarle aceite al agua se puede ver un arcoíris. Y para completar, señala que en el espectrómetro se puede formar el arcoíris porque en éste ¨*había un prisma y un gas de neón y hacía que se descompusiera la luz*¨. Recordemos que este es uno de los montajes que Blas explicó durante la exploración, pero ahora la explicación tiene dimensiones ontológicas diferentes, identifica los elementos que lo conforman y trata de establecer relaciones entre ellos por medio de analogías.

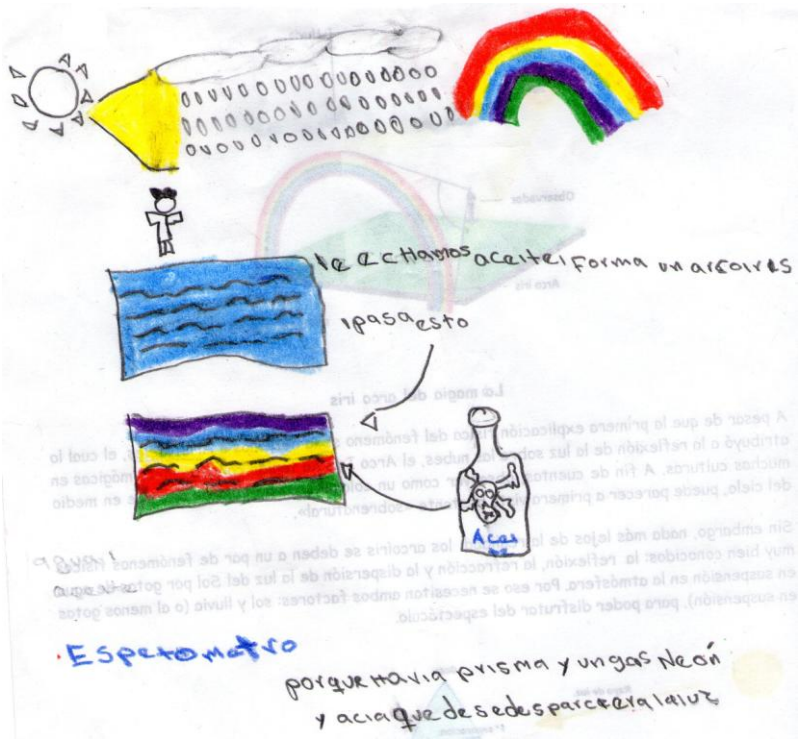


Figura 18: Ilustración del trabajo de Blas sobre
La formación del arcoíris

En la última sesión los niños expusieron los discos de Newton que construyeron en sus casas, y al finalizar todas las presentaciones, es Blas quien pide explicar lo que ocurre en la dispersión de la luz de la siguiente manera:

> ¨*Primero hay luz blanca, segundo hay dos prismas, uno que es como un triángulo equilátero y el otro es como un semicírculo que trae como una rayita que hace que la luz vaya hacia el prisma, y del prisma se descompone la luz en los colores del arcoíris*¨

Ahora, analicemos el desempeño de Blas cuando le corresponde hacer el papel de guía de la Sala Galileo Interactiva. Él seleccionó el montaje del ¨*túnel al infinito*¨, en el cual no estuvo muy atento a las explicaciones del profesor ni a los comentarios de los compañeros:

> Blas: ¨*Bueno, mi nombre es Blas, soy el guía del museo, el que me tocó hoy es el, el…, el , el túnel al infinito*¨
> Profesor: ¨ *¿y qué pasa ahí?*¨
> Blas: ¨*ahí sería como dos espejos ahí y eso se ve como al infinito. Uno pone dos espejos ahí y se ve como al infinito. Dos espejos, y una luz, que eso gira y da luces, luces, y eso se va hasta el infinito. Entonces, eso es el montaje*¨

De inmediato los rostros de los compañeros dejan ver inconformidad por la explicación dada, ya que ese discurso no está cercano a la estructura conceptual que ellos han construido. Al parecer, las desatenciones de Blas durante el trabajo grupal tendrán sus consecuencias en esta actividad. Miremos cómo el grupo empieza a hacer preguntas en las que Blas trata de salvar la situación:

> Andrés: ¨ ¿ahí por qué parece que hubieran cuatro espejos?¨
> Blas: ¨*pa´ eso iba, sino es que, entonces aquí hay uno, dos, tres y cuatro espejos que estarían alumbrando hacia el infinito*¨
> Yeny: ¨ *¿entonces los espejos alumbran?*¨
> Blas: ¨*no, no, por una luz de varios colores como el arcoíris se pasa ahí y alumbra*¨
> Profesor: ¨*pero es que yo veo como un círculo que da vueltas y se ven un montón un montón, ¿por qué se ve así?*¨
> Blas: ¨*por eso, por eso mismo, por uno, por uno, por un cosito…*¨
> Profesor: ¨ *¿cosito?*¨
> Blas: ¨*!eh! por una luz, por una luz de varios colores como el arcoíris, eso muestra hacia el infinito hacia todos los lados*¨
> Nancy: ¨ *¿y por qué muestra hacia el infinito?*¨
> Blas: ¨*porque, porque…, me corchó, me corchó. Eso está hecho…*¨
> Profesor: ¨*pero es que usted es el guía del museo*¨

Hasta este momento el grupo le ha hecho preguntas sencillas que lo llevarían a hablar del fenómeno desde compromisos ontológicos y epistemológicos que son comunes en el discurso grupal, y que se han trabajado en repetidas ocasiones. Pero en este punto parece que abandonan a su compañero y empiezan a distraerse con otros elementos de la sala, Blas ha perdido su público porque su desempeño no los ha satisfecho. Continuemos en el escenario:

> Blas: ¨eso es material plano, eso es hecho de material plano, los espejos que hay ahí¨
> Profesor: ¨Yo también tengo esa duda, ¿por qué se ve como al infinito?, ¿qué es lo que está pasando ahí?¨
> Blas: ¨*porque uno, cuando tu te miras en dos espejos o cuatro, bueno a cuatro, se ven como muchas, muchas, muchas personas*¨
> Profesor: ¨ *¿pero sí son personas?*¨
> Blas: ¨*Si*¨
> Andrés: ¨ *¿o sea que eso crea, digamos clones?*¨
> Blas: ¨*Nooo, sino que usted se mueve, ella se mueve*¨
> Profesor: ¨ *¿pero eso qué es?*¨
> Blas: ¨*es reflexión de la luz. Es uno solo, pero se ven muchos alrededor*¨

En este momento Nancy, en un acto solidario, como lo ha hecho en varias ocasiones con Blas, se le acerca y trata de explicarle detalladamente las preguntas que se le están haciendo. Luego entra Andrés a ayudarle a razonar sobre su creencia metafísica de los clones en el espejo. Después de varios intentos, se dieron cuenta que el compañero no razona de igual forma al colectivo, así que los demás estudiantes empiezan a responder las mismas preguntas que se le habían planteado a Blas (ver Anexo 7).

Todo este episodio deja claro que, al explicar el montaje del ¨*túnel al infinito*¨, los compromisos epistemológicos de Blas están en el campo del realismo ingenuo, es decir, para él la realidad es tal y como la observa; y los compromisos ontológicos están en la categoría de estados de la materia desconectados entre sí, no relaciona los hechos y procesos de un sistema conceptual como el de la reflexión de la luz en varios espejos.

El niño sabe que el grupo no está a gusto con su trabajo como guía del museo, por eso empieza a tratar de reivindicarse con las preguntas que les plantea a ellos cuando asumen el mismo papel. En el caso de Yeny, le interroga cuáles son los elementos que se necesitan para descomponer la luz, luego le plantea un experimento mental haciendo cambios en la disposición de los elementos del montaje de la dispersión de la luz, pregunta sobre la cual se crea gran controversia en el grupo. Y finalmente, es el único que identifica que en este montaje se están dando los dos fenómenos, tanto la dispersión como la reflexión de la luz; para sus compañeros es evidente la dispersión, pero curiosamente, él es el único que explica que los rayos de luz que no se dispersan, sino que se reflejan. En el turno de Andrés y Nancy, también se mostró con toda la disposición para preguntar, incluso adaptó algunas de las preguntas que le fueron planteadas a él.

Como trabajo final, Blas diseña una maqueta en la que quiere mostrar la reflexión de la luz y la formación de imagen. En su explicación, Yeny le hace caer en cuenta de la confusión que persistentemente ha mantenido de estos dos fenómenos, y luego Nancy entra a apoyarlo para que en su discurso relacione los conceptos que se han trabajado en las diferentes sesiones. Con la ayuda de sus compañeros, finalmente Blas concluye que su diseño da cuenta de la reflexión de la luz, la formación de imágenes y la invisibilidad de la luz.

En la evaluación del proceso Blas hace una radiografía de su desempeño y nos expresa lo que siente al terminarlo:

> *¨La pasé muy chévere, muy bacano, fue lo mejor, me voy a llevar el trabajo para mostrarle a mi mamá, y que no perdimos la venida ni nada, y no perdimos clase, y trabajamos muy bien en grupo, trabajamos lo del arcoíris, aprendimos formación de imagen, sobre los lados de la cuchara que es cóncavo y convexo, la reflexión, los fenómenos de la luz que son reflexión, formación de imagen, invisibilidad y cuando recorrimos el Museo muy bacano, todo es muy bacano¨*

En resumen, el caso de Blas nos ha permitido analizar cómo emergen en su discurso, algunas de las componentes de la ecología conceptual: compromisos

epistemológicos, creencias y conceptos metafísicos, ejemplares e imágenes y compromisos ontológicos. Pero al mismo tiempo, ha permitido señalar que la forma en que el individuo se sitúa en el contexto social, afecta la manera como se configuran las estructuras simbólicas. El estudiante en muchas oportunidades se vio distraído en las actividades grupales, lo que le trajo consecuencias en la comunicación con sus compañeros, es decir, algunas de sus formas de razonar y actuar no eran coherentes con las relaciones conceptuales instauradas en el discurso grupal. Aunque era el que más solicitaba los liderazgos compartidos, los demás en ningún momento lo vieron como su líder; sin embargo, hay que resaltar que nunca estuvo en tela de juicio la pertenencia de Blas al grupo ya que se generaron lazos afectivos que llevaban a los compañeros a querer ayudarle constantemente para que se involucrara en las dinámicas del colectivo.

6.2.4.2 Análisis Individual

En este momento, realizaremos este análisis a partir de la matriz de relación entre las entrevistas para el caso de Blas (ver Anexo 12). Las oraciones transcritas han sido tomadas de dicha matriz.

Durante la primera entrevista, Blas relaciona la palabra luz con el sol, un bombillo, un interruptor, un poste de luz, cables, energía y una cámara. Todo el argumento para asociar estos elementos, es que de ellos sale la luz, y en el caso de la mayoría, se resume en una experiencia pasado en la clase de ciencias donde realizaron un juego con un circuito eléctrico, que consiste en formular preguntas y respuestas, las cuales, luego se unen por medio de un cable y una pila. Cuando se encuentran la pregunta y la respuesta correcta se enciende un bombillito, en este caso el juego era con animales en inglés.

En la segunda entrevista vuelven y aparecen los elementos de la experiencia pasada: interruptor, cables y bombillos (ver Anexo 12). Además, dice el sol

porque es el que nos permite ver gracias a la luz que sale de él y hace el calentamiento global, aquí está involucrando otros conocimientos. También escribió la palabra ¨luna¨ porque tiene la creencia metafísica de que la luna tiene luz. Dice que los ¨ojos¨ es otro término asociado a la luz porque en ellos se ve el reflejo de él, y al preguntársele qué es la reflexión, toma como ejemplar e imagen la actividad realizada en el Museo con los espejos, en especial el montaje del ¨*túnel al infinito*¨, lo que indica que no diferencia este fenómeno de la formación de imágenes.

Con la tercera entrevista se ve lo marcada que está la experiencia pasada porque vuelven a aparecer los bombillos, las baterías, los cables y el interruptor (ver Anexo 12). De nuevo coloca el sol, pero ya lo identifica como la fuente principal de luz, incluso, rompe con la creencia metafísica de la anterior entrevista al decir que ¨*la luna no tiene luz propia, el sol la está alumbrando. Es el sol que la hace así al reflejarse*¨. Ahora señalemos las palabras que el niño toma de la intervención didáctica: dispersión de la luz, reflexión, inversión, formación de imagen y espejo. Para relacionar la dispersión de la luz, de inmediato se habla del ejemplar e imagen que tiene del montaje de la Sala Galileo Interactiva; en cuanto a la reflexión dice que es gracias a ella que podemos ver; al tratar de exponer sobre la inversión se da una anomalía; y finalmente, relaciona los espejos con la formación de imagen, dice que la formación de imagen depende de la forma y el material del espejo, pero en ningún momento la explica desde la reflexión de la luz (ver Anexo 12). En esta última entrevista se empiezan a ver nuevos elementos que se relacionan individualmente con la luz, pero aún la configuración ontológica no da cuenta de una asociación general de los elementos alrededor del concepto de la luz.

Al preguntársele dónde hay luz en el lugar de la entrevista, la respuesta siempre fue la misma: en todas partes, sólo que en la primera se le crea una anomalía al tratar de exponer lo que ocurría en las sombras, en la segunda y en la tercera se ve el compromiso epistemológico de la luz como una entidad

ubicada en el espacio. Cabe agregar que el estudiante sabe identificar las fuentes de luz.

Sobre la función de la luz, dice en la primera entrevista que es ayudarnos, y para argumentar esta creencia metafísica usa otros conocimientos donde expone la importancia de la luz en el tráfico de la ciudad (ver Anexo 12). En la segunda entrevista, la respuesta está asociada a un compromiso epistemológico, argumenta: ¨*lo que hace la luz es reflejarse en los objetos para poder alumbrar los objetos y entonces poder ver*¨. En la última entrevista se limita a decir que ella es la que nos alumbra y proviene del sol o de los bombillos.

En cuanto a la visión, primero dice que vemos gracias a la luz que hay en los ojos puesto que de ellos sale luz. En la siguiente entrevista, hace la misma afirmación complementando que los ojos producen luz, y al preguntársele qué es producir luz, la situación se sale de su marco de explicación, es decir, aparece una anomalía. En la tercera entrevista hay otra organización ontológica que implica un cambio epistemológico; él asegura que podemos ver gracias a la luz, pero no la luz de los ojos porque éstos no tienen luz propia, de lo contrario podríamos ver en la oscuridad, lo que ocurre es que la luz que llega a los ojos es la que posibilita la visión (ver Anexo 12). Además, se ve un supuesto metafísico al decir que los gatos tienen luz propia ya que ellos pueden ver en la oscuridad.

Considerada esta parte, pasemos a las situaciones planteadas sobre la reflexión de la luz. En la primera entrevista se hizo incidir la luz de un láser sobre un espejo para que se reflejara sobre una hoja de papel, Blas expresa que la luz del láser está en la hoja, lo que epistemológicamente correspondería al compromiso de que la luz se encuentra en los objetos; luego manifiesta que se ve la luz tanto en la hoja como en el espejo por el reflejo, pero al

preguntársele a qué se refiere, usa una experiencia pasada donde un amigo hizo un experimento con espejos y le había dicho que eso ocurría por el reflejo.

En la segunda entrevista, el niño usa la situación de la primera como un ejemplar e imagen para reproducir mentalmente la experiencia; luego se le comienzan a hacer las preguntas, dice que la luz del láser se ve tanto en la hoja como en el espejo, pero él no logra articular un discurso coherente que de cuenta de su afirmación, por lo cual se le pidió que escribiera lo que cree que está pasando allí: ¨*Que cuando uno alumbra con el láser en el espejo, la reflexión de la luz lo hace ver también en la hoja*¨. Como se puede ver, además de explicar por medio del fenómeno de la reflexión de la luz, ontológicamente hay un proceso que le permite relacionar los hechos.

Para la tercera entrevista se le ha entregado un espejo y se le pide que ilumine una hoja usando la luz del sol. Luego de hacerlo, Blas muestra que ontológicamente ha alcanzado la categoría de proceso, donde logra relacionar varias ideas que siempre le habíamos visto disyuntas: el sol como fuente de luz, la invisibilidad y la reflexión de la luz en el espejo. Dice que se logra llevar a cabo la experiencia, gracias a que ¨*la luz que sale del sol o de otra fuente, se refleja en el espejo, pero la luz no la podemos ver cuando hace ese proceso*¨. Como ya habíamos dicho, durante esta intervención el niño ya ha dimensionado la luz como una entidad invisible ubicada en el espacio.

En la última parte, donde el niño debía contar una historia corta utilizando el sol, las gotas de lluvia y el arcoíris, en las tres entrevistas contó historias en las que los elementos dados no guardan ningún orden o efectos de causalidad, por el contrario, el niño se ve enfocado en la categoría ontológica de estado mental puesto que se deja llevar por las fantasías, los sentimientos y las sensaciones que podrían causar dichas imágenes. Igualmente, cuando se le pide que cuente la historia, primero sin el sol, segundo sin la lluvia y tercero sin el arcoíris, para

él es indiferente los cambios que le estamos proponiendo, lo único que les interesa es crear historias fantasiosa como las anteriores.

Debido a que esta pregunta no muestra la forma como el estudiante comprende la formación natural del arcoíris, en la última entrevista se le hacen preguntas más formales, es decir, fuera del contexto de la creación de historias, mediante las cuales el estudiante evidencia, por medio del fenómeno de la dispersión de la luz, que ontológicamente entiende la formación del arcoíris como un proceso de hechos relacionados entre sí. Dice que para formar el arcoíris sólo se necesita luz y un prisma, y en el caso del arcoíris natural, las gotas de agua hace las veces del prisma. Para ilustrar lo anterior, usa como ejemplar e imagen el montaje de la dispersión de la luz que hay en el Museo:

> *¨Cuando por ejemplo en el Museo de Antioquia Galileo Galilei que hay un coso que se llama la dispersión de la luz que se descompone la luz nada mas con, que al pasar la luz y dos prismas, eso tiene como un agujerito* (se refiere a uno de los prismas que direcciona la luz) *y hace que pase la luz y se descomponga¨*

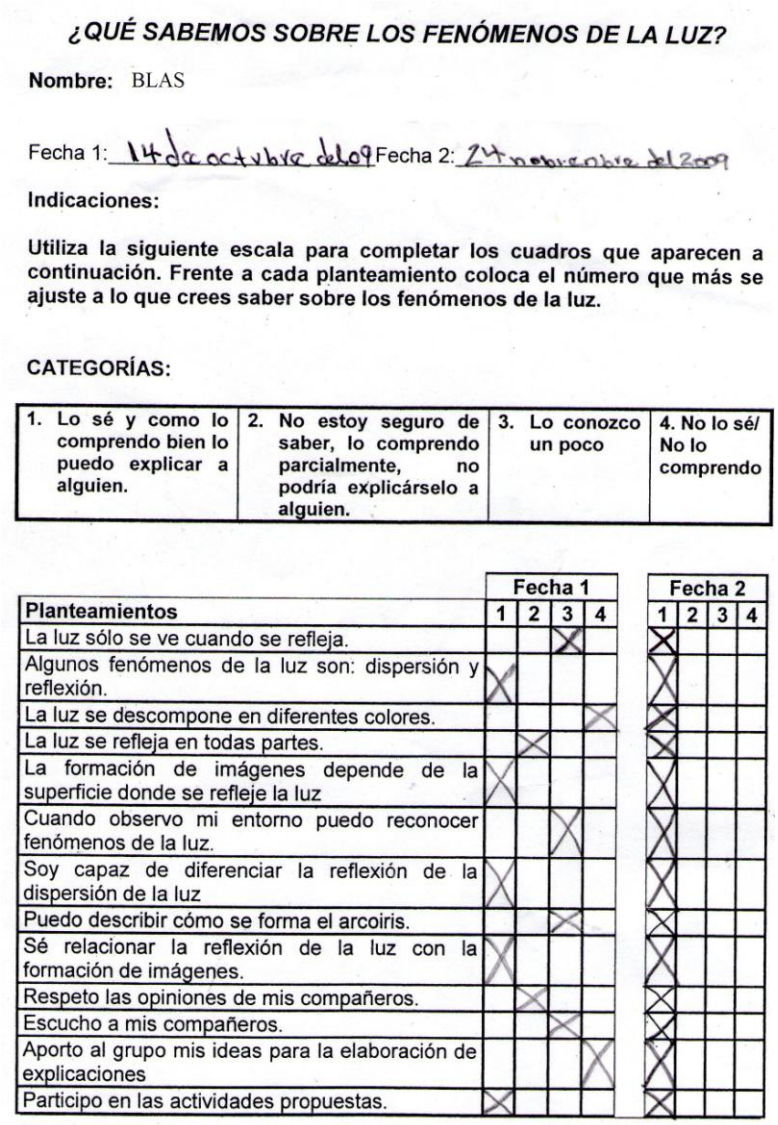
Todas estas explicaciones que ha dado el estudiante sobre la reflexión y la dispersión de la luz nos ha mostrando cómo cambian las componentes y cómo en algunos casos se presentaron unas y otras no, por ello, vamos a resumir dichos cambios de acuerdo con lo encontrado en las entrevistas. Los espacios en blanco revelan que dicha componente no se presentó durante la entrevista indicada.

COMPONENTE	ENTREVISTA 1	ENTREVISTA 2	ENTREVISTA 3
Compromisos epistemológicos	La luz ubicada en un objeto	La luz como una entidad en el espacio que proviene de diferentes fuentes.	La luz como una entidad en el espacio, proveniente de diferentes fuentes, y presenta los fenómenos de reflexión y dispersión
Creencias y conceptos metafísicos	La luz está hecha para ayudarnos. En los ojos hay luz y es por ello que podemos ver.	Los ojos producen luz y es por ello que podemos ver. La luna tiene luz propia.	Los gatos tienen luz propia

Anomalías	La relación entre la luz y las sombras	El significado de la expresión generar luz	El proceso de la inversión de la imagen en un espejo plano
Analogías y metáforas			
Ejemplares e imágenes		Los montajes de los espejos de la Sala Galileo Interactiva para explicar la relación entre los conceptos de luz y reflexión. La experiencia de la primera entrevista con el laser, el espejo y la hoja de papel, para hablar de la reflexión de la luz	El montaje de la dispersión de la luz de la Sala Galileo Interactiva para explicar la formación natural del arcoíris
Experiencia anterior	La clase de ciencias donde realizaron un juego con un circuito eléctrico, que consiste en formular preguntas y respuestas, las cuales, luego se unen por medio de un cable y una pila. Cuando se encuentran la pregunta y la respuesta correcta se enciende un bombillito, en este caso el juego era con animales en inglés El experimento con espejos que había construido con un amigo que le había dicho que eso ocurría por el reflejo	La clase de ciencias donde realizaron un juego con un circuito eléctrico, que consiste en formular preguntas y respuestas, las cuales, luego se unen por medio de un cable y una pila. Cuando se encuentran la pregunta y la respuesta correcta se enciende un bombillito, en este caso el juego era con animales en inglés	La clase de ciencias donde realizaron un juego con un circuito eléctrico, que consiste en formular preguntas y respuestas, las cuales, luego se unen por medio de un cable y una pila. Cuando se encuentran la pregunta y la respuesta correcta se enciende un bombillito, en este caso el juego era con animales en inglés
Otros conocimientos			
Compromisos ontológicos	Categoría de materia: la reflexión de la luz es un fenómeno que experimentan los objetos	Categoría de materia: la reflexión de la luz es un fenómeno que experimentan los objetos	Categoría de proceso: los fenómenos de reflexión y dispersión de la luz se interpretan como una sucesión de hechos relacionados entre sí.

Tabla 5: Resumen de las componentes de la ecología conceptual individual de Blas

Luego de todo este análisis, utilicemos el KPSI aplicado para mirar lo que el estudiante piensa que sabe con relación a los fenómenos de la luz antes y después de todo el trabajo realizado.



¿QUÉ SABEMOS SOBRE LOS FENÓMENOS DE LA LUZ?

Nombre: BLAS

Fecha 1: 14 de octubre del 09 Fecha 2: 24 noviembre del 2009

Indicaciones:

Utiliza la siguiente escala para completar los cuadros que aparecen a continuación. Frente a cada planteamiento coloca el número que más se ajuste a lo que crees saber sobre los fenómenos de la luz.

CATEGORÍAS:

1. Lo sé y como lo comprendo bien lo puedo explicar a alguien.	2. No estoy seguro de saber, lo comprendo parcialmente, no podría explicárselo a alguien.	3. Lo conozco un poco	4. No lo sé/ No lo comprendo

	Fecha 1				Fecha 2			
Planteamientos	1	2	3	4	1	2	3	4
La luz sólo se ve cuando se refleja.			X		X			
Algunos fenómenos de la luz son: dispersión y reflexión.	X				X			
La luz se descompone en diferentes colores.				X	X			
La luz se refleja en todas partes.		X			X			
La formación de imágenes depende de la superficie donde se refleje la luz	X				X			
Cuando observo mi entorno puedo reconocer fenómenos de la luz.			X		X			
Soy capaz de diferenciar la reflexión de la dispersión de la luz	X				X			
Puedo describir cómo se forma el arcoiris.			X		X			
Sé relacionar la reflexión de la luz con la formación de imágenes.	X				X			
Respeto las opiniones de mis compañeros.		X			X			
Escucho a mis compañeros.			X		X			
Aporto al grupo mis ideas para la elaboración de explicaciones				X	X			
Participo en las actividades propuestas.	X				X			

Figura 19: Ilustración del KPSI de Blas

Blas manifiesta al principio que no sabe que la luz se descompone en diferentes colores y que no aporta sus ideas para la elaboración de explicaciones grupales. Por otro lado, conoce muy poco sobre la reflexión de la luz, la relación de la luz con el entorno y la formación del arcoíris. Además, comprende parcialmente que la luz se refleja en todas partes. Al finalizar el

trabajo, el niño expresa que los anteriores aspectos y los demás que hay propuestos en el instrumento los comprende bien y podría explicárselos a otra persona.

6.3 LOS CAMBIOS DE LAS CONPONENTES DE LA ECOLOGÍA CONCEPTUAL INDIVIDUAL Y SU RELACIÓN CON LA SALA GALILEO INTERACTIVA

Para dar cumplimiento al último objetivo de la investigación, rastrearemos los resultados tanto de los momentos grupales como en las entrevistas clínicas, y nos ceñiremos a los momentos donde los niños evocaron directamente el trabajo realizado en alguno de los montajes de la Sala Galileo Interactiva. Analicemos primero cómo en cada caso ocurrió esto durante el trabajo grupal, es decir, durante la aplicación de la unidad didáctica.

Para Nancy resultan fundamentales los elementos de montaje de la dispersión de la luz para comprender el proceso inverso, es decir, que la superposición de luces de colores da como resultado luz blanca. Sólo cuando ella dimensiona el papel de cada componente y empieza a ilustrársele el experimento en forma regresiva, es que abandona la concepción de que se produce luz de color negro. De esta manera, sus compromisos ontológicos sobre la dispersión de la luz llegan a estructurarse como relaciones complejas que forman parte de un sistema.

Tan importante fue lo anterior, que en el momento de hacer el papel de guía del museo, se apropió del disco de Newton, en el cual se está presentando el fenómeno en cuestión; y a la hora de argumentar ante las preguntas de sus compañeros, hace referencia directa al montaje de la dispersión de la luz para explicar detalladamente las diferencias entre dos procesos que son inversos.

En el caso de Andrés se vio mucho el uso de la ficha infográfica que tenía cada montaje, es el único niño que se remitía a ellas para fortalecer sus explicaciones, incluso, durante la exploración, cuando todos estaban especulando sobre lo que ocurría en el ¨*túnel al infinito*¨, él es quien mejor logra articular ontológicamente los conceptos y objetos a partir de la interpretación de los contenidos de las fichas infográficas.

Por otro lado, cuando se le pidió que hiciera el ejercicio mental de explicar el espectroscopio a otro niño, luego de hacer una exposición clara de la situación, añade que si el niño no le hubiese entendido, lo llevaría a la Sala Galileo Interactiva para que a él le resulte más fácil y el compañerito le pueda comprender mejor. Es Andrés quien está asegurando que el uso del Museo facilita el acercamiento al conocimiento, a lo mejor, eso ha ocurrido en parte con él. En otro momento, cuando expusieron el disco de Newton realizado en la casa, el estudiante dice que lo hizo idéntico al de la sala (ver Anexo 7), por lo cual encontramos allí un ejemplar e imagen.

Por otro lado, al observar con detenimiento el trabajo final construido por Yeny, nos damos cuenta que es una configuración diferente de los elementos del montaje de la dispersión de la luz, pero que en últimas mostraba el mismo fenómeno. No es extraño encontrar en la ecología de la niña ese ejemplar e imagen si se tiene en cuenta que este fue el montaje que ella trabajó mientras hacía el papel de guía del museo. También podemos recordar que esta misma estudiante al final agradece por habérsele escogido para hacer parte de la intervención en el Museo.

En el caso de Blas, recordemos que era quien más dificultades tenía en el momento de articular el discurso, por lo que cada vez que se encontraba esta falencia, de inmediato se ponía a ilustrar mediante ejemplos y analogías que estaban en relación directa con los montajes de la sala, es decir, la

componentes de analogías y metáforas, y los ejemplares e imágenes, sufrieron cambios en el niño gracias al trabajo en el museo.

Por supuesto, para saber las contribuciones del contexto físico de la Sala Galileo Interactiva a la configuración de las componentes de la ecología conceptual individual, no podemos dejar pasar por alto la actividad de los niños como guías. El uso de los elementos de la Sala Galileo Interactiva durante toda la aplicación de la unidad didáctica, permitió observar que los estudiantes, a medida que iban interactuando, comentaban sus impresiones, sensaciones, hipótesis y explicitaciones; sin embargo, la actividad donde asumieron el rol de guías, fue la prueba de que la institución museística produjo discurso alrededor de los fenómenos de la reflexión y la dispersión de la luz, y fue a partir de ese discurso que se pudieron analizar el surgimiento y los cambios en las componentes de la ecología conceptual de cada caso. Es impresionante ver cómo cada uno se apropió del montaje, articuló los elementos para mostrar un fenómeno, y al final, estaban prestos a responder y defender sus conocimientos ante su público, que en este caso eran sus compañeros.

Ahora bien, durante las entrevistas realizadas a cada estudiante fuera del contexto del Museo, aparecen momentos en los que las componentes emergen gracias a las relaciones establecidas en la Sala Galileo Interactiva.

Cando a Nancy en la segunda entrevista se le pide que establezca relaciones con la palabra luz, ella se limita a escribir lo mismo que había realizado en la primera, pero al decírsele que puede usar todo lo que ha aprendido en el Museo, esta evocación le da una imagen mental que la lleva a establecer relaciones asociadas a los fenómenos de la luz. Por otro lado, hace uso del montaje de la dispersión de la luz como una analogía y metáfora para dar cuenta de la formación del arcoíris.

En el caso de Andrés, en la segunda entrevista logra explicar la reflexión de la luz con ejemplares e imágenes tomados de los montajes con espejos que hay en la Sala Galileo Interactiva. Posteriormente, usa el montaje de la dispersión de la luz como analogía para explicar por qué el sol es fundamental para la formación del arcoíris, y como un ejemplar e imagen para argumentar que en dicho fenómeno natural son necesarias las gotas de agua en tanto prisma que descompone la luz.

En las entrevistas de Yeny nos encontramos una situación similar, usa el mismo montaje como una analogía que da cuenta del proceso que experimenta la luz para formar todos los colores, en últimas, para explicar la formación natural del arcoíris.

Cuando en la entrevista final se le preguntó a Blas por la relación de la luz con el reflejo, hizo lo mismo que en el trabajo grupal, es decir, usó como ejemplares e imágenes las actividades realizadas en los espejos, en especial el del ¨*túnel al infinito*¨ que explicó cuando hizo el papel de guía del Museo. Además, tal y como hicieron sus compañeros, para hablar de la dispersión de la luz usó el ejemplar e imagen del montaje de la Sala Galileo Interactiva.

Tanto en el análisis del trabajo grupal, como en las entrevistas individuales, y en los anteriores párrafos, hemos señalado cómo emergen y cambian las componentes de la ecología conceptual individual de cada niño, a partir de los elementos interpretativos y argumentativos del discurso; pero nos hemos dado cuenta cómo cada discurso, aunque diferente, está matizado por la experiencia en la Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia, lo cual nos lleva a afirmar que el Museo contribuyó a los cambios en las componentes de la ecología, en especial, en las analogías y metáforas, y los ejemplares e imágenes.

En una visita al museo, cuando los visitantes experimentan una exposición o asisten a una demostración, no hay forma real de saber acerca los cambios que se dan en sus ecologías, si es que se dan. Pero cuando se interactúa con los ellos, como lo hicimos con los niños, es cuando las conversaciones informales, expresiones y gestos entre todos los implicados en la interacción, permiten hacer explícitas algunas configuraciones de las componentes de la ecología conceptual individual. Así que un montaje por sí solo puede ser un simple objeto estático intrascendente de muchas maneras, pero a través de interacciones con los demás y de las prácticas discursivas, los diferentes conceptos y relaciones conceptuales pueden materializarse.

La Sala Galileo Interactiva es un lugar para que esto suceda, no sólo por el apoyo auditivo y la tridimensionalidad de los objetos, sino por el tipo de montajes que invitan al usuario a moverse por los espacios e interactuar con diferentes elementos y exposiciones. Además, existe la oportunidad de experimentar a escala (lo pequeño y grande de un objeto) la realidad (su conexión con los fenómenos cotidianos).

Todo lo anterior hizo que la experiencia de los niños del grado quinto en la Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia, fuera verdaderamente memorable. Se pudo ver que los objetos de esta Sala no son sólo un pretexto para hablar sobre algunos fenómenos de la luz, sino también, un espacio que provoca conexiones afectivas y sensoriales relacionadas con lo social, científico, cultural e histórico que representan.



CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACIÓN

7 CONCLUSIONES

La Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia es un escenario rico en montajes que sirvió para abrir el horizonte fenomenológico de los niños que participaron en la investigación, respecto a la reflexión y la dispersión de la luz y, ha sido el escenario de partida para describir cómo emergen las componentes de la ecología conceptual individual de cuatro estudiantes de quinto grado de básica primaria, cuando interactúan en dinámicas de aprendizaje grupal, durante el desarrollo una unidad didáctica.

Este análisis se hizo desde una perspectiva sociocultural de aprendizaje, donde la unidad de análisis es el grupo social que ejerce una actividad compartida y que está mediado por las herramientas, los signos, idiomas y símbolos de la cultura y el contexto, así como las acciones de los individuos. En efecto, la manera de coordinar el habla y los gestos al mismo tiempo, resulta un medio importante y fiable para determinar cómo un individuo entiende y da sentido a una situación, concepto o idea.

Por otra parte, el lenguaje utilizado para hablar en eventos, tales como entrevistas, conversaciones y debates, posee un significado independiente de los oradores, es decir, las palabras, frases y formas de hablar, los símbolos y los artefactos del lenguaje son tomados del contexto cultural, y no son de propiedad individual.

Los resultados de las actividades desarrolladas por Nancy en las situaciones propuestas, permiten afirmar que en este caso hubo participación efectiva y comunicación articulada con los compañeros, lo que le da sentido a su pertenencia al grupo a partir de sus prácticas discursivas y estructuras simbólicas. Por otro lado, esto permitió señalar que emergieron algunos

compromisos epistemológicos, creencias y conceptos metafísicos, analogías y metáforas, ejemplares e imágenes, otros conocimientos y compromisos ontológicos, y además, cómo cambiaron algunos de estos componentes de la ecología conceptual individual de Nancy.

Por otro lado, las entrevistas clínicas muestran cambios progresivos en los compromisos epistemológicos con respecto a la luz: Nancy pasa de una etapa inicial donde considera que la luz está hecha de materia y tiene la capacidad de llenar los espacios, o que está ubicada en una fuente u objeto, a caracterizarla como una entidad que viaja en el espacio proveniente de diferentes fuentes, y presenta los fenómenos de reflexión y dispersión. Esto se vio acompañado de cambios ontológicos de la categoría materia, para asumir la categoría de proceso, donde se interpretan los fenómenos de reflexión y dispersión de la luz a partir de relaciones complejas que forman parte de un sistema de conocimientos.

Así mismo, en el caso de Nancy, desaparecieron las creencias metafísicas relacionadas con la función de la luz y los dones de Dios; se crearon anomalías con respecto a la forma como se producen las sombras y la relación del sol y la lluvia en la formación del arcoíris, como se observa en la última entrevista.

Los elementos del montaje de la dispersión de la luz de la Sala Galileo, se convirtieron en analogías y metáforas para explicar los elementos que dan lugar a la formación natural del arcoíris. Además, varios de los montajes de la sala se transformaron en ejemplares e imágenes que sirvieron como esquemas previamente construidos para asociar los fenómenos de la luz. Finalmente, encontramos una experiencia pasada que compitió constantemente con las nuevas ideas, la relación entre la energía eléctrica y las fuentes de luz.

El análisis de Andrés en el grupo también ha permitido determinar las características de algunos de los componentes de la ecología conceptual

individual (compromisos epistemológicos, creencias y conceptos metafísicos, anomalías, analogías y metáforas, ejemplares e imágenes y compromisos ontológicos), además de algunos cambios en éstas. Al mismo tiempo, se referenció su participación en la actividades durante todo el proceso que fue reconocida por sus compañeros, y sus prácticas discursivas fueron atendidas por el colectivo, bien fuera para aprobarlas o discutirlas.

Las entrevistas clínicas revelaron cambios ontológicos de materia que fueron transformándose en procesos articulados que permitieron interpretar los fenómenos de la reflexión y dispersión de la luz. Esto iba de la mano con los cambios en los compromisos epistemológicos, donde se consideraba que la luz se encontraba en los objeto o en las fuentes de luz, pero las explicaciones de la última entrevista asignaron a este concepto, características de invisibilidad, velocidad y fenómenos como la reflexión y la dispersión.

Aparecieron muchas creencias y conceptos metafísicos donde se asumía que la función de la luz es alumbrarnos para que podamos trabajar, conseguir los alimentos y diferenciar el día de la noche; además, Andrés creía que el sol es el principal astro del universo y que Dios es quien saca el sol y las gotas de lluvia para crear el arcoíris. Estas formas de explicar la naturaleza misma del conocimiento, fueron reemplazadas progresivamente como lo muestran las entrevistas, por argumentos asociados a las formas epistemológicas de conceptualizar alrededor de la luz y sus fenómenos.

Este niño tuvo anomalías al principio sobre la relación entre el sol, las gotas de lluvia y la formación del arcoíris, así como en las razones por las que vemos los objetos. Sin embargo, la construcción de analogías, metáforas, ejemplares e imágenes con los montajes de la Sala Galileo Interactiva, permitieron cambiar el discurso y las razones de fondo.

Las anomalías sobre la relación entre fuentes de luz y la energía eléctrica, también se presentaron en el caso de Andrés. Conjuntamente, se evidenció la componente de otros conocimientos, cuando relacionó los movimientos de la Tierra con los periodos del día y la noche.

En el caso de Yeny, pudimos señalar el incremento en la participación discursiva, lo que le ha generado progresivamente conectarse al discurso grupal, y al final se reseña que su disciplina, atención y trato con los demás es lo que la ha llevado a ganarse la pertenencia al grupo. En coherencia con lo anterior, las actividades realizadas en el contexto grupal han influido para que surjan cambios en los compromisos epistemológicos, las anomalías, las analogías y metáforas, los ejemplares e imágenes y los compromisos ontológicos.

Las entrevistan revelan que hay cambios epistemológicos similares a los de Andrés, pero con evoluciones diferentes en los compromisos ontológicos. Esta niña deja ver en las dos primeras entrevistas, una categoría ontológica de materia para las explicaciones de la reflexión y dispersión de la luz, además de una categoría de estado mental muy marcada en sus historias y explicaciones. En la tercera entrevista, sin dejar de un lado las emociones e intenciones, se ubica en la categoría de proceso, interpretando ambos fenómenos desde relaciones conceptuales complejas.

Se encontraron las creencias metafísicas de que la luz alumbra y por tanto garantiza la visión, además de que la visión es posible gracias a los órganos dados por Dios. Sin embrago, la niña articula un metafórico discurso en el que ella misma propone el cambio de lo metafísico a lo epistemológico.

La componente de las anomalías fue registrada en varias ocasiones durante la primera y segunda entrevista, pero al preguntársele sobre estos mismos asuntos (la relación entre la luz y algunas fuentes, la luz en el espacio, la

propagación de la luz, la formación del arcoíris y la producción de imágenes en un espejo), en la última entrevista presentó justificaciones mediante compromisos ontológicos y epistemológicos. De manera similar a los anteriores casos, se encontró la experiencia anterior con respecto a la energía eléctrica; además, surgieron las analogías, metáforas, ejemplares e imágenes a partir del montaje de la dispersión de la luz.

El caso de Blas ha permitido analizar cómo emergen en su discurso algunas de las componentes de la ecología conceptual: compromisos epistemológicos, creencias y conceptos metafísicos, ejemplares e imágenes y compromisos ontológicos. Pero al mismo tiempo ha permitido observar, que la forma en que el individuo se sitúa en el contexto social, afecta la manera como se configuran las estructuras simbólicas. El estudiante en muchos casos se vio distraído en las actividades grupales, lo que le trajo consecuencias en la comunicación con sus compañeros, es decir, algunas de sus formas de razonar y actuar, no eran coherentes con las relaciones conceptuales instauradas en el discurso grupal.

Blas mantuvo durante casi toda la intervención los compromisos ontológicos en la categoría de materia, sólo en la última entrevista se observó la categoría de proceso pero de una forma diferente a la de sus compañeros, es decir, interpretó los fenómenos como una sucesión de hechos relacionados entre sí. Esto lleva implícito un cambio epistemológico en la forma de conceptualizar sobre la luz, pasando de una consideración que la ubica en los objetos, a una reestructuración que la ubica como una entidad en el espacio que proviene de muchas fuentes.

El discurso de Blas se tornó en muchas ocasiones desordenado, lo que hizo que aparecieran constantemente anomalías con respecto a la luz y la formación de sombras, la generación de luz, las relaciones conceptuales que se dan en los fenómenos de la luz. Sin embargo, el estudiante buscaba constantemente salidas de estas anomalías a través de ejemplares e imágenes que tomaba de

su experiencia anterior o de los ejemplares e imágenes configurados a través de los diferentes montajes de la Sala Galileo Interactiva.

Con todo lo anterior, se puede asegurar que desde la perspectiva sociocultural de aprendizaje y ubicados en un contexto de educación formal, hemos logrado identificar y describir cambios en las componentes de la ecología conceptual individual de los cuatro estudiantes en dinámicas de aprendizaje que incluyeron a la Sala Galileo Interactiva del Museo Universitario.

Los estudiantes realizaron reestructuraciones categóricas y cambios en sus supuestos subyacentes, en virtud del cambio en sus habilidades para resolver problemas y en el uso de técnicas de representación, lenguaje y procedimientos propios de los expertos y, además, llevaron a cabo reflexiones con respecto a sus propias creencias metafísicas y compromisos ontológicos y epistemológicos. Por supuesto, asumiendo la ecología como una supra-estructura intelectual, las componentes encontradas no son iguales en cada caso, ni los cambios descritos se dan por procesos idénticos.

Sin embargo, el contexto físico de la Sala Interactiva del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia, contribuyó en la configuración de las componentes de la ecología conceptual de los estudiantes, sobre todo, se halló evidencia de su influencia en las analogías, metáforas, ejemplares e imágenes. Esto es un llamado a adoptar múltiples perspectivas de investigación del cambio conceptual en ambientes de aprendizaje tales como museos, los cuales ofrecen amplias oportunidades sociales por su conocimiento histórico, científico y artístico. Además, son lugares socioculturales donde las personas se reúnen para experimentar, explorar y ampliar sus formas de relacionarse con el conocimiento.

Mientras que para los alumnos, los montajes de los museos son objetos tangibles que ofrecen ejemplos de conceptos científicos, para el maestro, las

interacciones, que incluyen tanto lo verbal como las acciones no verbales, sirven como motor para el análisis de la comprensión ontológica y epistemológica de los conceptos. Lo que ha resultado relevante en esta investigación, y que ha llevado a cumplir con los objetivos propuestos, es el aporte complementario entre la intervención didáctica y las interacciones sociales en las experiencias de aprendizaje en los museos.

8 RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN

- Antes de realizar una visita a los museos y centros de ciencia con los estudiantes, se recomienda que los maestros hagan un recorrido previo que les permita identificar las posibilidades que éste ofrece, con el fin de diseñar la ruta de enseñanza y organizar el trabajo de acuerdo con el currículo, el contexto de los estudiantes y el museo.

- El museo no sustituye la escuela, es una herramienta didáctica que hace más atractivos los conocimientos escolares. Lo realmente importante no son las máquinas o artefactos museísticos, lo que hay que mejorar, es la práctica del maestro articulada a objetivos de aprendizaje claramente definidos.

- Cuando un grupo escolar visite un museo, no hay que olvidar que los estudiantes son protagonistas de su propio aprendizaje, es importante entonces, que critiquen los montajes, los admiren y sean capaces de explicar lo que allí está ocurriendo. El museo llegará a desarrollar su función educativa en la medida que sus actividades involucren activamente a sus visitantes, los ponga a trabajar y les cree horizontes de aplicación de lo nuevo que aprenden.

- El objetivo central de esta investigación permitió pensar posibles contribuciones en la comprensión de cómo cambian las componentes de la ecología conceptual individual cuando se utiliza una herramienta pedagógica, en éste caso el museo de ciencias, por consiguiente, es probable que, a partir de este estudio se generen nuevas posibilidades de investigación en el ámbito de la teoría de cambio conceptual.

- Una de las perspectivas más amplias, está ligada al estudio de las componentes que gobiernan los entramados conceptuales del grupo social, lo que para Kelly y Green (1998) configuran la Ecología Grupal, definiéndola como una superestructura socio-cognitiva que articula experiencias, creencias, valores, conocimientos y prácticas, que cuando son puestas en juego dentro de un espacio educativo, junto con los nuevos conocimientos enseñados, configuran una manera colectiva de comprender la realidad. En esta línea los grupos pasan de ser un objeto discreto a ser un campo de problemáticas a estudiar.

- En ese mismo sentido, hacen falta realizar estudios sobre el papel que las emociones y gestos, pueden desempeñar en el desarrollo de conceptos y el cambio conceptual.

- Sería de interés realizar futuros estudios, en los que sea posible caracterizar la ecología conceptual de los estudiantes, utilizando otras herramientas didácticas diferentes al museo, lo que necesariamente conllevaría al diseño y evaluación de instrumentos que permitan tal caracterización.

- Se destaca desde este estudio la importancia de proponer investigaciones que contribuyan a la generación de propuestas de intervención en el aula, acompañadas de un ciclo de aprendizaje que posibiliten orientaciones en torno a las estrategias de enseñanza que relacionen lo formal con lo no formal, que promuevan el cambio conceptual y en las que esté inmersa la categorización de los componentes de la ecología conceptual.

9 REFERENCIAS

Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15(3), 210-217.

Bendall, S. (1993) Perspective elementary teachers´ prior knowledge about light. *Journal of research in science teaching*. 30 (9), 1169-1187

Billet, S. (1996): Situated learning: bridging sociocultural and cognitive theorizing. *Learning and instruction*. 6 (3), 263-267.

Bravo, B. y Pesa, M. (2005). Concepciones de alumnos (14 – 15 años) de educación general básica sobre la naturaleza y percepción del color, *Investigações em Ensino de Ciências* 10 (3), 337-362

Brown, D y Clement, J. (1992). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261

Candela, A. (1999) Prácticas discursivas en el aula y calidad educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 4 (8), 273-298.

Chamizo, J. (2005). La enseñanza de la historia de la ciencia con modelos recurrentes. Facultad de Química, UNAM, México 04510 D.F. *enseñanza de las ciencias.* Numero extra. VII congreso

Chi, M. T. H. (1992). *Conceptual Change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science. R. Giere (ed) Cognitive models of Science. Minnesota*: Studies in the Philosophy of Science.

Chi, M. T. H, Slotta, J. D., y De Leeuw, N. (1994). From things to process: Atheory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction,* 4, 27-43.

Falk, J. y Dierking, L. (1995). Public institution for personal learning: establishing a research agenda. Washington, D.C: American aassociation of Museums.

Falk, J. y Dierking, L. (1992) The Museum Experiencie. Whalesback *Books, Washington.*

Falk, J. y Dierking, L. (2000). Learning from museums. Walnut Ceek: Altamira Press

Fetherstonhaugh, T (1992). Students´ understanding of lifth and its propierties. Teaching to engender conceptual change. *Science Education* 76 (6) 653-672

Guesne, E (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. España: Ediciones Morata.

Hewson, P. y Thorley, R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education* 11 541–553.

Hernández; Fernández y Baptista, (2006). *Metodología de la investigación* (4ª ed.). México: Editorial McGraw-Hill Interamericana.

Kaartine, S. y K. Kumpulainen (2002). Collaborative inquiry and the construction of explanations in the learning of science. *Learning and Instruction* 12 189-212.

Kelly, G. y Crawford, T. (1997). *An ethnographic investigation of the discourse processes of school science*. Santa Barbara: Department of Education, University of California.

Kelly, G. y Green, J. (1998) The social nature of knowing: Toward a sociocultural perspective on conceptual change and knowledge construction. En Guzzetti, B. y Hynd, C. *Perspective on conceptual change*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. 145-181.

Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: FCE

Lákatos, I. (1978). *The Methodology of Scientific Research Programmes-Philosophical Papers*. Volumen I, Madrid: Cambridge University Press.

López, F. (1990). Epistemología y didáctica de las ciencias. Un análisis de segundo orden. Instituto Español de París. *Enseñanza de las ciencias* 8 (1)

Mason, L. (2007). Introduction: Bridging the Cognitive and Sociocultural Approaches in Research on Conceptual Change: Is it Feasible? Department of Developmental and Socialization. *PsychologyUniversity of Padua*.

Mejía, L. (2006). Análisis del concepto de ecología conceptual. Una aproximación a la comprensión del aprendizaje como cambio conceptual. *Tesis de maestría Universidad De Antioquia, Colombia*

Mendoza, A. y López, V. (1997). Conceptualización de la "luz" en niños de seis a nueve años. *Journal of Science Education*. 13-15.

Moreira, M. y Greca, M. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência e Educação, Bauru*, 9 (2), 301-315.

Piaget, J. et al. (1978). *La representación del mundo en el niño*. Madrid: Editorial Morata.

Pineda, G. (2001). Prohibido no tocar: Museo Interactivo. *CODICE, Boletín científico y cultural del museo universitario de la Universidad de Antioquia*. 2, (3).

Posner, G. y Gertzog, W. (1982). The clinical interview and the measurement of conceptual change. *Science Education*. 66 (2), 195-209.

Posner, G; Strike, K.; Hewson, P. y Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*. 66, 211-227.

Soto, C. (2003). Un análisis de la producción científica sobre Cambio conceptual en la educación científica, desde las perspectivas de Kuhn y Lakatos. España: *Tesis Doctoral. Universita D Valencia,.*

Stenhouse, L. (1985). Case study methods. *In Husén, T. y Postlethwaite, T.N. International Encyclopedia of Education*. Oxford: Pergamon Press.

Strike, K y Posner, G. (1992). A Revisionist theory of Conceptual Change. *Duschl, R. y Hamilton, R. Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*. 147-176.

Toulmin, S. (1972). *Human Understanding*, Vol.I: The Collective Use and Evolution of Concepts. Princeton: University of Princeton Press.

Vázquez, A., Manassero, M. y Acevedo, J. A. (2006). An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society Items: Methodological

Development and Preliminary Results. *Science Education*, 90 (4), 681-706.

Vázquez, Á. y Manassero, M. A. (2007). Las actividades extraescolares relacionadas con la ciencia y la tecnología. Revista Electrónica de Investigación Educativa. 9 (1).

Vosniadou, S. y Brewer, W., (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*.18, 23-183.

Watson, B., y Konicek, R. (1990). Teaching for conceptual change: Confronting children's experience. *Phi Delta Kappan*, 71, 680-685.

Wertsch, J. (1998). *Mind As Action*. NewYork NY: Oxford University Press.

Yin, R. K. (2002). *Case study research: Design and methods* (3rd ed.). Newbury Park, CA: Sage Publications.