

**LA CONSTRUCCIÓN DE VÍNCULOS ENTRE LUZ Y COLOR DESDE LA
PERSPECTIVA DE NEWTON: UNA PROPUESTA PARA AMPLIAR EL
CAMPO DE LOS FENÓMENOS CROMÁTICOS**

Nohora Alejandra Hernández Cepeda

2013146030

Universidad Pedagógica Nacional

Departamento de Física

Línea de Profundización: La Actividad Experimental en la Enseñanza de la Física

Bogotá D.C.

2017

**LA CONSTRUCCIÓN DE VÍNCULOS ENTRE LUZ Y COLOR DESDE LA
PERSPECTIVA DE NEWTON: UNA PROPUESTA PARA AMPLIAR EL
CAMPO DE LOS FENÓMENOS CROMÁTICOS**

Nohora Alejandra Hernández Cepeda

Trabajo de grado para optar al título de Licenciada en Física

Directora del trabajo:

María Cristina Cifuentes Arcila, Ph. D.


Universidad Pedagógica Nacional

Departamento de Física

Línea de Profundización: La Actividad Experimental en la Enseñanza de la Física

Bogotá D.C.

2017

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 7	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	CONSTRUCCIÓN DE VÍNCULOS ENTRE LUZ Y COLOR DESDE LA PERSPECTIVA DE NEWTON: UNA PROPUESTA PARA AMPLIAR EL CAMPO DE LOS FENÓMENOS CROMÁTICOS
Autor(es)	Hernández Cepeda, Nohora Alejandra
Director	Cifuentes Arcila, María Cristina
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2017. 53 Pág.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional-Bogotá
Palabras Claves	VÍNCULO LUZ Y COLOR, ACTIVIDAD EXPERIMENTAL, FENÓMENOS CROMÁTICOS, PROPUESTA DE ENSEÑANZA, RECONTEXTUALIZACIÓN.

2. Descripción
<p>Este documento contiene reflexiones de orden disciplinar y educativa, en los cuales se discute una parte de la Óptica de Newton y se establecen relaciones entre su interpretación y los problemas de conocimiento de los niños con los cuales se ha trabajado en la práctica pedagógica. Estas reflexiones orientan la construcción de una propuesta educativa que tiene como propósito ampliar el campo de fenómenos cromáticos de los niños de la Institución Educativa Distrital Rodrigo Lara Bonilla, a través del desarrollo de actividades experimentales referidas a las relaciones entre la luz y color.</p>

3. Fuentes
<p>Ayala, María Mercedes. (2006). Los análisis histórico-Críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. <i>Pro-posicoes</i>, 17(49), 19-37.</p> <p>Concari, Sonia Beatriz. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias</p>

para la enseñanza de las ciencias. *Ciência & Educação (Bauru)*, 7(1), 85-94.
<https://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132001000100006>

Darrigol, O. (2012). Mechanical medium theories of the seventeenth century. *A history of optics: from Greek antiquity to the nineteenth century*. (pp.37-77). New York, USA: Oxford University Press.

Eder, M. y Aduriz-bravo, A. (2008). La Explicación en las Ciencias Naturales y su Enseñanza: Aproximaciones Epistemológica y Didáctica. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 4(2), 101-133.

Ferreirós, J. y Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34 (102), 47-86. Recuperada de: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/38442>

Granés, J. (2001). La explicación mecanicista de los colores de la luz. *La gramática de una controversia científica: el debate alrededor de la teoría de Newton sobre los colores de la luz*. (pp. 1-27). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional De Colombia.

Granés, J. (2005). La óptica de los Colores. *Isaac Newton. Obra y Contexto: Una Introducción*. (pp.107-149). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional De Colombia.


Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más Crítico del trabajo de Laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 299-313.

Koponen, I. y Mäntylä, T. (2006). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education*, 15(31), 31-54. doi: 10.1007/s11191-005-3199-6.

Newton, Isaac. (1977). *Óptica o Tratado sobre las Reflexiones, Refracciones, Inflexiones y colores de la Luz* (Carlos Solís, introducción, traducción notas e índice analítico). Madrid: Ediciones Alfaguara S.A. (Trabajo original publicado en 1704)

Orozco, Juan Carlos. (2005). Atajos y Desviaciones. Los estudios Histórico-Críticos y la Enseñanza de las Ciencias. En _____, *Segundo Congreso sobre Formación de Profesores de Ciencias*. Texto elaborado a partir de la revisión de la ponencia presentada en el Congreso, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá D.C.

Shapiro, Alan. (2006). La Filosofía Experimental de Newton. *Estudios de filosofía*, 35, 111-

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 7	

147.Recuperado

de:


https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/estudios_de_filosofia/article/view/12757/11496

Solís, C. (1977). Introducción. En I. Newton, & C. Solís (Ed.), *Óptica o Tratado sobre las Reflexiones, Refracciones, Inflexiones y colores de la Luz* (págs. XI-L). Madrid: Alfaguara.

Viennot, L. (2002). Una tendencia del razonamiento: materializar los elementos de la física. Ejemplos de óptica elemental. En Viennot, L., Chauvet, F. y Kaminski, W. *Razonar en física, la contribución del sentido común* .(pp.33-62).

4. Contenidos

- **CAPÍTULO 1:** Descartes, Hooke, Newton y los colores de la luz.
En este apartado, se ponen de presente los fundamentos filosóficos desde los cuales Descartes, Hooke y Newton brindaban explicaciones a la producción de colores. Además, se discuten las razones que llevaron a la autora a elegir la perspectiva de Newton sobre el color.
- **CAPÍTULO 2:** La construcción experimental de Newton de la teoría del color
En el segundo capítulo, se discuten cuatro experimentos propuestos por Newton en la primera parte de su *Óptica*, las ideas que estos permitieron configurar a Newton y la interpretación que la autora hace de estos para proponer los vínculos entre luz y color.
- **CAPÍTULO 3:** Criterios para la configuración de la propuesta sobre los vínculos entre luz y color
El tercer capítulo se divide en dos grandes momentos. En el primero, se consignan los criterios que han sido tenidos en cuenta para la configuración de la propuesta; se resaltan los aportes de la recontextualización de la obra de Newton, la perspectiva que se asume en el trabajo sobre la actividad experimental, y la importancia de las necesidades de conocimiento de los niños con quienes se ha trabajado. En el segundo momento, se presentan los objetivos de cada actividad, las discusiones que la influenciaron y las cuatro actividades que la constituyen.
- **CAPÍTULO 4:** Puesta en marcha de la propuesta

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 7	

En el cuarto capítulo, se presenta la puesta en marcha de la propuesta y se discuten las organizaciones que los estudiantes lograron al llevar a cabo las actividades. Por último, se extraen conclusiones sobre cuáles fueron los alcances de las comprensiones de los niños a propósito de las actividades.

- **CAPÍTULO 5: Reflexión Final**

Por último, se presenta una reflexión en la cual se exponen las virtudes de la propuesta, en términos de los criterios que se utilizaron para su construcción y los alcances de las comprensiones a las cuales los niños llegaron en la configuración de los vínculos entre luz y color desde la perspectiva newtoniana. Para cerrar se plantean algunas recomendaciones.

5. Metodología

En un primer momento, se revisaron documentos que permitieron configurar un panorama de las “teorías del color” propuestas a mediados del siglo XVII. Se acudió a la lectura de los trabajos de Granés (2001 y 2005) y Darrigol (2012), pues se constituyen en revisiones históricas muy detalladas, en las que se hace alusión a textos originales de autores como Descartes, Hooke, Grimaldi, Huygens y Newton, entre otros. Se decidió, abordar las propuestas de Descartes y Hooke para compararlas con el de Newton. Esta elección se dio debido a que sus teorías confluyen de forma contemporánea, y a que comparten algunas bases de la filosofía mecánica, planteada por primera vez por Descartes.

De acuerdo con esta primera revisión, se resolvió abordar las traducciones al español de algunos de los textos originales de Newton. En primer lugar, se consideró la traducción del texto que Newton entrega a la Royal Society en el año 1672 (publicada en Granés, 2001), en el que expone por vez primera su teoría del color de manera sintética. En segundo lugar, se optó por hacer una lectura de la traducción al español de la primera parte del libro de *Óptica* de Newton (1977), en el cual, a fin de cuentas, se desarrollan detalladamente los postulados de su documento de 1672.

En este sentido, la traducción del libro de la *Óptica* de Newton (1977) se constituyó en el texto que permitió a la autora configurar una mirada sobre: a) los fenómenos cromáticos, b) La relación

dialógica que propone Newton entre teoría y experimento para la estructuración de su teoría del color, c) el papel que se le otorga al experimento para la construcción de la teoría, y d) las bases filosóficas que se encuentran a la base de su visión de la luz y el color. Particularmente, en este último aspecto, el análisis del discurso que Shapiro (2006) hace sobre las obras de Newton, se constituyó en un documento decisivo que sustentó y enriqueció las interpretaciones de la autora.

Paralelamente a la lectura interpretativa de la obra de Newton, se realizó en la práctica pedagógica una pequeña intervención con los niños del colegio Rodrigo Lara Bonilla, en la que se desarrollaron algunas actividades icónicas sobre la luz, la visión y el color, tales como, la cámara oscura y el disco de Newton, entre otros. De esta primera intervención (enmarcada únicamente en el contexto de práctica) se consideró que resultaba importante ampliar el campo de fenómenos cromáticos de los niños, quienes concebían la idea del color únicamente en su relación con las temperas.

Lo anterior, se constituyó en un factor esencial de la realización de un proceso de recontextualización de saberes, en el cual la interpretación y significación de la obra de Newton estaría marcada por las necesidades de conocimiento del contexto educativo y no solo por la comprensión de su teoría.

Así las cosas, se procedió a la elaboración de un documento en el que la obra de Newton se sitúa en un contexto determinado: el educativo, de manera que se presenta la propuesta de enseñanza, su secuenciación y finalidad.

6. Conclusiones


El estudio de la obra de Newton ha permitido configurar una mirada de los fenómenos cromáticos y de la forma en la que estos se construyen. A partir de la recontextualización de la *óptica*, se han comprendido e interpretado las ideas de Newton para la estructuración de tres grandes vínculos entre luz y color: el color como una característica de la luz, el color como una cualidad manipulable y modificable a partir de la mezcla de luces de colores, y la luz como productora de color de los cuerpos naturales, que también nacen del análisis del proceder newtoniano, en el cual el experimento juega *un papel generativo en la construcción* de conocimiento.

Adicional a este aspecto, es importante resaltar que al hablar de recontextualización como una estrategia para la configuración de propuestas de enseñanza, se reconoce que la lectura e interpretación intencionada de los textos de los científicos son recursos para la configuración de sentidos que, adicionalmente, van acompañados de las necesidades de conocimiento del contexto de interpretación y significación de la obra. Es precisamente en este sentido, en el cual los problemas de conocimiento del contexto educativo definieron los acentos de la obra de Newton en la construcción de vínculos entre luz y color para la ampliación de la experiencia cromática a través de la puesta en marcha de actividades experimentales y no, por ejemplo, en la perspectiva corpuscular de la luz, como muchos otros lo han hecho.

De acuerdo con lo anterior, uno de los criterios de configuración de la propuesta fue reconocer cuál era el estado de conocimiento de los niños y de qué manera este podría ampliarse. Se reconoció, en la práctica, que habitualmente los niños organizan su campo de fenómenos cromáticos de acuerdo con las mezclas sustractivas, esto es, con la mezcla de pigmentos, y no suponen que los colores de la luz y sus mezclas se rijan bajo otros criterios. Por tanto, se consideró que la propuesta pensada en este contexto debía, en primera instancia, reconocer que ya existe un conocimiento alrededor de los fenómenos cromáticos con pigmentos y, en segundo lugar, generar escenarios en los cuales se identifiquen los “nuevos” fenómenos cromáticos, sus condiciones de producción y se comparen con aquellos que ya han sido organizados.

En concordancia con las conclusiones extraídas de la puesta en marcha de las actividades experimentales anteriores, se considera que estas han puesto en juego un nuevo campo de fenómenos cromáticos, en los que la idea de color en la luz no se corresponde de manera directa con la idea de color en los pigmentos. En este sentido, los hechos experimentales de las actividades ponen de presente la necesidad de construir la idea de color como una cualidad de la luz, que se rige bajo criterios diferentes al color de las temperas.

Estas actividades dieron a conocer a los estudiantes que la organización cromática sustractiva no es siempre válida y que, en consecuencia, tiene límites de validez. Razón por la cual la idea de color en la luz debe ser reestructurada, puesto que, la mezcla de luces de colores responde a otros principios. Una vez que este campo fue organizado, permitió ampliar el campo de fenómenos

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 7 de 7	

cromáticos de los niños, a la par de posibilitar espacios de reflexión sobre el color de la luz como una cualidad que es manipulable, tanto así, que pueden producirse tantos colores como combinaciones entre los colores primarios sean posibles.

Particularmente, la última actividad fue una práctica de recopilación que permitió al niño configurar una mirada de los fenómenos cromáticos en los que las organizaciones aditiva y sustractiva del color son esenciales en la construcción de explicaciones descriptivas. Así, se logró hacer de la idea del color como una característica de la luz, cuya mezcla se rige bajo criterios diferentes a la de los pigmentos, un aspecto complementario de la organización de los fenómenos cromáticos del estudiante. Adicionalmente, se posibilitaron espacios de reflexión en los cuales se discutió el papel que desempeña el color de la luz en la percepción del color de los cuerpos. Por tanto, se llegó, aunque sea por parte de un pequeño grupo de estudiantes, a concluir que el color “verdadero” de los cuerpos no puede ser determinado, sino que, más bien, ha de hablarse del color de estos en función de la luz a la cual se exponen: la luz es productora de color.

Para finalizar, se reconoce que la configuración de la propuesta y los alcances de esta se adecuaron a la recontextualización de la obra de Newton y a las necesidades de conocimiento del contexto educativo. Por lo tanto, si este último fuese diferente, podría pensarse la propuesta no solo para la organización y ampliación del campo cromático de los niños, sino también para la construcción de marcos explicativos desde los cuales sea posible dar cuenta del *por qué* de los fenómenos aquí abordados.

Elaborado por:	NOHORA ALEJANDRA HERNÁNDEZ CEPEDA
Revisado por:	MARIA CRISTINA CIFUENTES ARCILA

Fecha de elaboración del Resumen:	08	11	2017
--	----	----	------

Agradecimiento

A mi profe, María Cristina

CONTENIDO

1	Introducción.....	1
2	Descartes, Hooke, Newton y los colores prismáticos	4
2.1	Filosofía mecánica vs Filosofía natural	4
2.2	Los corpúsculos de luz de Descartes	4
2.3	Hooke y los pulsos de luz	7
2.4	Newton y la filosofía natural.....	9
3	La construcción experimental de Newton de la teoría del color	14
3.1	Del análisis de las características del espectro a la luz del sol como compuesta de rayos de diferente refrangibilidad	14
3.2	Pensando el color en términos de grados de refrangibilidad de los rayos de luz. 17	
3.3	Mezcla de rayos de luz de color definido	19
3.4	El color de los cuerpos depende del color de la luz que los ilumina	20
3.5	De los experimentos de Newton a los vínculos entre luz y color	22
4	Criterios para la configuración de la propuesta de enseñanza de los vínculos entre luz y color	24
4.1	De los estudios histórico-críticos a la propuestas de enseñanza.....	24
4.2	La actividad experimental en la propuesta.....	27
4.3	Las necesidades de conocimiento de los niños de la Institución Educativa	29
4.4	Actividades experimentales para la configuración de vínculos entre luz y color. 32	
4.4.1	El color como una característica de la luz	32
4.4.2	El color producido por la mezcla de luces de colores	34
4.4.3	Luz como productora de color.....	37
4.5	Organización final de las actividades experimentales	39
5	puesta en marcha de la propuesta.....	41
5.1	Actividad 1: La luz blanca es una mezcla de luces de colores	41
5.2	Actividad 2: La composición de los colores que componen la luz blanca	43
5.3	Mezcla de luces de colores	44
5.4	El color de los cuerpos depende del color de la luz con la que estos se iluminen.	46
6	Reflexión Final.....	50
7	Referencias Bibliográficas	52
8	Anexos.....	54
8.1	Anexo 1	55
8.2	Anexo 2.....	60
8.3	Anexo 3.....	65

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de la producción de colores según Descartes. Tomada de Granés 2001 .	6
Ilustración 2. Camino de la luz al cambiar de medio para Hooke. Tomada de Granés 2001.....	8
Ilustración 3. La luz que difiere de color difiere en grado de refrangibilidad.....	11
Ilustración 4. La luz del sol consta de rayos de diferente refrangibilidad.....	15
Ilustración 5. Forma oblonga de la imagen colorida de la luz del sol.....	15
Ilustración 6. Experimento Crucial.....	18
Ilustración 7. Mezcla de luces de colores.Tomada de Newton ed.1952.....	19
Ilustración 8. Cristales de azul ultramarino y cinabrio.....	21
Ilustración 9: Descomposición de la luz	33
Ilustración 10: Clasificación de los colores que componen la luz blanca	34
Ilustración 11: Producción del color blanco según Newton	35
Ilustración 12: Mezcla aditiva tri-cromática. Tomada de: Hewitt, 1999, p.428.....	37
Ilustración 13: El color de los cuerpos depende del color de la luz con que se miren	39
Ilustración 14: Colores que componen la luz blanca según un grupo de estudiantes.....	42
Ilustración 15: Explicación de la organización de luces de colores	44
Ilustración 16: Resultado de mezclas de luces de colores.....	45
Ilustración 17: Muestra gráfica y escrita de la forma en la que cambia	47
Ilustración 18: Actividad de profundización	48

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1: La recontextualización en la configuración de propuestas de enseñanza .	26
Esquema 2: La recontextualización en la configuración de una propuesta de enseñanza sobre los vínculos entre luz y color.	26
Esquema 3: Secuenciación de las actividades de la propuesta.....	40

1 INTRODUCCIÓN

Este documento contiene reflexiones de orden disciplinar y educativa, en los cuales se discute una parte de la Óptica de Newton y se establecen relaciones entre su interpretación y los problemas de conocimiento de los niños con los cuales se ha trabajado en la práctica pedagógica. Estas reflexiones orientan la construcción de una propuesta educativa que tiene como propósito ampliar el campo de fenómenos cromáticos de los niños de la Institución Educativa Distrital Rodrigo Lara Bonilla, a través del desarrollo de actividades experimentales referidas a las relaciones entre la luz y color.

Para ello, en un primer momento, se revisaron documentos que permitieron configurar un panorama de las “teorías del color” propuestas a mediados del siglo XVII. Se acudió a la lectura de los trabajos de Granés (2001 y 2005) y Darrigol (2012), pues se constituyen en revisiones históricas muy detalladas, en las que se hace alusión a textos originales de autores como Descartes, Hooke, Grimaldi, Huygens y Newton, entre otros. Se decidió, abordar las propuestas de Descartes y Hooke para compararlas con el de Newton. Esta elección se dio debido a que sus teorías confluyen de forma contemporánea, y a que comparten algunas bases de la filosofía mecánica, planteada por primera vez por Descartes.

De acuerdo con esta primera revisión, se resolvió abordar las traducciones al español de algunos de los textos originales de Newton. En primer lugar, se consideró la traducción del texto que Newton entrega a la Royal Society en el año 1672, publicada en Granés (2001), en la que expone por vez primera su teoría del color de manera sintética. En segundo lugar, se optó por hacer una lectura de la traducción al español de la primera parte del libro de *Óptica* de Newton (trad. 1977), en la cual, a fin de cuentas, se desarrollan detalladamente los postulados de su documento de 1672.

En este sentido, la traducción del libro de la *Óptica* de Newton (trad. 1977) se constituyó en el texto que permitió a la autora configurar una mirada sobre: a) los fenómenos cromáticos, b) La relación dialógica que propone Newton entre teoría y experimento para la estructuración de su teoría del color, c) el papel que se le otorga al experimento para la construcción de la teoría, y d) las bases filosóficas que se encuentran a la base de su visión de la luz y el color. Particularmente, en este último

aspecto, el análisis del discurso que Shapiro (2006) hace sobre las obras de Newton, se constituyó en un documento decisivo que sustentó y enriqueció las interpretaciones de la autora.

Paralelamente a la lectura interpretativa de la obra de Newton, se realizó en la práctica pedagógica una pequeña intervención con los niños del colegio Rodrigo Lara Bonilla, en la que se desarrollaron algunas actividades icónicas sobre la luz, la visión y el color, tales como, la cámara oscura y el disco de Newton, entre otros. De esta primera intervención (enmarcada únicamente en el contexto de práctica) se consideró que resultaba importante ampliar el campo de fenómenos cromáticos de los niños, quienes concebían la idea del color únicamente en su relación con las temperas.

Lo anterior, se constituyó en un factor esencial de la realización de un proceso de recontextualización de saberes, en el cual la interpretación y significación de la obra de Newton estaría marcada por las necesidades de conocimiento del contexto educativo y no solo por la comprensión de su teoría.

Así las cosas, se procedió a la elaboración de un documento en el que la obra de Newton se sitúa en un contexto determinado: el educativo, de manera que se presenta la propuesta de enseñanza, su secuenciación y finalidad.

VISIÓN GENERAL DEL CONTENIDO

En el primer capítulo, se presentan los fundamentos filosóficos desde los cuales Descartes, Hooke y Newton elaboran explicaciones sobre la producción de colores prismáticos. Además, se discuten las razones que llevaron a la autora a elegir la perspectiva de Newton sobre el color para la configuración de la propuesta de enseñanza, como por ejemplo, el papel del experimento como instancia de generación de conocimiento (Koponen y Mäntylä, 2006), que permite validar o proponer nuevas hipótesis para dar cuenta de algunos fenómenos cromáticos.

El segundo capítulo se divide en dos grandes momentos. En primera instancia, se discuten cuatro de los experimentos propuestos por Newton en la primera parte de su *Óptica* y las ideas que logró construir a partir de ellos, esto es: *Exp.1*) se denomina *Del análisis de las características del espectro a la luz del sol como compuesta de rayos de diferente refrangibilidad*, planteado por Newton para poner a prueba la hipótesis según la cual la luz del sol consta de rayos de diferente refrangibilidad; *Exp.2*) lleva por

nombre *Pensando el color en términos de grados de refrangibilidad de los rayos*, el cual fue propuesto para determinar que a cada color que compone la luz del sol le corresponde un grado de refrangibilidad; *Exp.3*) se ha denominado *mezcla de rayos de luz de color definido*, en el cual se determinan los rayos de colores necesarios para la obtención de un color; y *Exp.4*) se denomina *El color de los cuerpos depende del color de la luz que los ilumina*, según el cual el color de los cuerpos depende del tipo de rayos que reflejen y absorben. En segundo lugar, se presenta la interpretación que la autora hace de estos experimentos para proponer tres vínculos: 1) El color es una característica de la luz; 2) El color de la luz es manipulable y puede producirse al mezclar luces de colores; y 3) La luz es productora de color.

El tercer capítulo se divide en dos grandes momentos de reflexión. En el primer momento se exponen los criterios que se tuvieron en cuenta para la configuración de la propuesta de enseñanza, tales como: la recontextualización realizada a la obra de Newton; el papel de la actividad experimental en la generación del conocimiento en la escuela y las necesidades de conocimiento de los niños de la institución educativa. En el segundo momento, se especifican las actividades experimentales que conforman la propuesta de enseñanza.

En el cuarto capítulo, se presenta la puesta en marcha de la propuesta, a la par de que se discuten las organizaciones que los estudiantes lograron al llevar a cabo las actividades. Por último, se extraen conclusiones sobre cuáles fueron los alcances de las comprensiones de los niños a propósito de las actividades experimentales que realizaron.

Por último, en el quinto capítulo, se exponen las virtudes de la propuesta, en términos de los criterios que se utilizaron para su construcción y los alcances de los niños en la configuración de los vínculos entre luz y color desde la perspectiva newtoniana. Para cerrar se plantean algunas recomendaciones.

2 DESCARTES, HOOKE, NEWTON Y LOS COLORES PRISMÁTICOS

En este apartado se explicitan los criterios que hacen posible la elección de la perspectiva newtoniana de los colores, que modificó la manera en la que se concebía la formación de los colores en el siglo XVII. Para ello, en primer lugar se resaltan las diferencias que hay en la configuración de una teoría sobre el color entre Newton y Descartes, y entre Newton y Hooke. En segundo lugar, se analiza el papel que juega el experimento para Newton en la configuración de su teoría de la luz y el color.

2.1 Filosofía mecánica vs Filosofía natural

Para el siglo XVII la filosofía mecánica se impuso como el marco conceptual preponderante, tal como lo explica Shapiro (2006). La filosofía mecánica como forma de concebir y explicar el mundo exigía los siguientes elementos en las explicaciones de los fenómenos:

- a) El mundo y sus constituyentes son como una máquina, de manera que este puede describirse con las leyes matemáticas asociadas a la máquina.
- b) Las causalidades se dan por la interacción entre cuerpos, de forma que los agentes inmateriales y espirituales se descalifican como explicación.
- c) La materia se compone de corpúsculos indivisibles.
- d) Es posible generar hipótesis sobre las propiedades y el movimiento de los corpúsculos invisibles para explicar los diferentes fenómenos.

2.2 Los corpúsculos de luz de Descartes

La filosofía mecánica encontró en Descartes su máximo expositor, pues él aceptó las anteriores proposiciones y formuló las explicaciones de los fenómenos en términos de materia y movimiento.

Con esto en mente, Descartes explicaba todos y cada uno de los fenómenos naturales, incluso aquellos que hoy se consideran inexplicables dentro las perspectivas mecánicas, como lo son la luz y la producción de los colores que se observan en el arco iris.

De acuerdo con Descartes, la formación de colores se producía en la interacción mecánica entre la luz y la sombra. Para explicar los fenómenos de refracción y reflexión que sufría la luz proveniente del sol al pasar de un medio a otro, él pensaba que la luz era un haz de corpúsculos, caracterizables mediante dos tipos de movimientos:

traslación y rotación. La reflexión se explicaba si los cuerpos reflectantes eran lo suficientemente rígidos como para que los corpúsculos de luz reboten. La refracción, por otro lado, demandaba de la explicación mecánica que las superficies que interactuaban con la luz fueran tan sutiles como para que la luz ingresara en ella, a expensas de modificar la velocidad de traslación y rotación de los corpúsculos (Solís, 1977)

Desde su perspectiva, los medios menos densos, como el aire, estaban constituidos por partículas blandas y mal unidas, en tanto los más densos, como el agua y el cristal, se componían de partes duras y firmes. En este punto es interesante señalar cómo el medio por el que viaja la luz altera de manera diferente a los corpúsculos de luz. En los medios menos densos la velocidad de la luz disminuye, mientras que en los más densos, la velocidad aumenta, tal efecto sobre el movimiento de los corpúsculos de luz es semejante a los que se perciben cuando una pelota golpea en una alfombra y una plancha de mármol, respectivamente. (Darrigol, 2012. pág. 42)

La explicación anterior, permitió a Descartes entender por qué se producía la refracción, no obstante, esta era aún incapaz de proveer al menos una razón de la formación de los colores en superficies refrangibles, como el agua y el cristal. Para ello, él realizó experimentos con prismas que le posibilitarían la construcción de una explicación a propósito del color.

La Ilustración 1 es un esquema del experimento de Descartes con prismas para la producción de colores. La cara NP se cubre con un cuerpo oscuro en el que se abre un orificio ED. La luz ingresa en el prisma, se refracta al salir del orificio y se recoge en el papel FH, donde los colores del arco iris se evidencian. De acuerdo con Darrigol (2012), esta observación es de importancia para Descartes, puesto que si el orificio ED es más grande, los colores desaparecen. De ahí que para su explicación sea tan importante considerar la interacción entre la luz y la sombra.

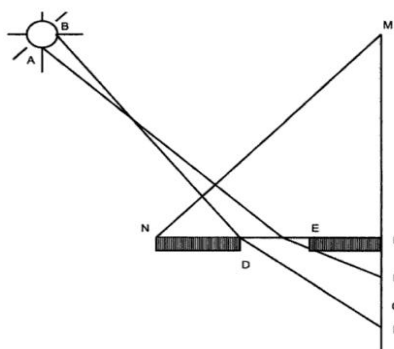


Ilustración 1. Esquema de la producción de colores según Descartes. Tomada de Granés 2001

Los corpúsculos luminosos, de acuerdo con la ley de la inercia, viajaban en línea recta, por lo que se les adscribía un movimiento de tendencia traslacional. Cuando estos se refractaban en el prisma, su velocidad de rotación se alteraba en una misma dirección. La alteración perceptible en la velocidad de rotación se debía al grado de interacción entre los glóbulos de luz y la sombra en el orificio ED. Los corpúsculos del rayo EH interactuaban con dos clases de corpúsculos, los de sombra que se movían menos rápido en su dirección de movimiento y los de luz, que se movían con mayor velocidad rotacional en su dirección de movimiento. Esta diferencia de velocidades de rotación entre las partes adyacentes del rayo EH producía que los corpúsculos rotaran menos rápido de lo que se movían en línea recta; tal cambio era percibido como color rojo. En contraste, las partes del rayo DF tenían una dirección de movimiento rotacional contrario al movimiento de las partes de la sombra, y de mayor grado que la velocidad de los corpúsculos de luz adyacentes. Esta interacción producía una velocidad rotacional muy pequeña, en comparación con la de las partes del rayo EH, y una velocidad traslacional mayor que producía la sensación en el ojo de color azul. (Darrigol, 2012)

Se concluye, entonces, que para Descartes el color de la luz percibida por el ojo es producto del movimiento de rotación de los corpúsculos de luz alrededor de su eje. Esta explicación da cuenta tanto de los fenómenos de la reflexión y la refracción, como de la producción de colores en la interacción entre luz y sombra. En principio pareciera que esta explicación enmarcada dentro de la filosofía mecánica está desprovista de agentes inmateriales, tal como lo suponen sus “reglas”, no obstante, cuando se explican los fenómenos a través del movimiento de corpúsculos invisibles para dar cuenta de efectos visibles, se habla –indiscutiblemente– de explicaciones hipotéticas. Como se verá posteriormente, las hipótesis que salvan los fenómenos fueron constantemente objeto de

rechazo por parte de Newton, de ahí que su filosofía natural se distancie de la filosofía mecánica Cartesiana.

2.3 Hooke y los pulsos de luz

Las características de las explicaciones adscritas a la filosofía mecánica eran aceptadas en mayor o menor grado por los filósofos naturales. Por ejemplo, señala Shapiro (2006), en Inglaterra no se admitía del todo que los fenómenos podían explicarse únicamente por materia en movimiento y acción por contacto, y de acuerdo con la perspectiva positivista del siglo XVII- XVIII, arraigada fuertemente a la sociedad científica inglesa representada por la Royal Society, existía cierta resistencia a considerar que el mundo podía formalizarse en términos matemáticos, puesto que, el filósofo debía indagar al mundo con estricto control de los sentidos y desconfiar en aquellas explicaciones que acudieran a las hipótesis como verdades.

Dentro de este contexto filosófico, Hooke elabora hipótesis sobre la producción de los colores al trabajar con prismas. Antes de revisar este asunto tan importante para los propósitos del trabajo, resulta de vital importancia destacar los rasgos que Hooke adscribía a la filosofía mecánica. Dos de los rasgos que aún persisten de la filosofía mecánica cartesiana son: las explicaciones están desprovistas de agentes inmateriales, y los efectos visibles pueden explicarse en términos de materia y movimiento. Sin embargo, la gran diferencia de esta vertiente filosófica y la cartesiana, se refiere a la forma en la que el sujeto conoce. Para Hooke, según Granés (2001), la ciencia estaba enmarcada en el detalle de las observaciones y descripción de los fenómenos observados, se trataba, entonces, de que el avance del conocimiento científico requería de una educación de los sentidos para registrar detalladamente la realidad en su esencia y no de explicaciones que se entendieran como certezas, pues bien decía él, nunca habría certezas ni deducciones infalibles de los hechos sino observaciones y algunas conjeturas sobre estas.

De acuerdo con Granés (2005), en la obra de Hooke *“La Micrographia”*, se describen algunos experimentos realizados por Hooke con prismas, en los que incidía luz blanca. Este hecho le permitió elaborar una hipótesis sobre la naturaleza de la luz y la forma en la que interactuaba el medio transparente y esta para la producción de colores.

Hooke consideró a la luz como un pulso, pues esta era la forma apropiada –según él- de entender la producción de colores cuando la luz blanca incidía en medios transparentes.

Un cuerpo era brillante en tanto sus partes vibraran de la forma adecuada, esto es, que su movimiento vibratorio fuese tan rápido como para que la amplitud de los pulsos fuese débil. Lo anterior, permite entender la manera en la que los pulsos de luz interactuaban con el prisma, siendo este un cuerpo transparente capaz de adquirir el movimiento vibratorio de los cuerpos brillantes, era capaz de comunicar la vibración.

Antes de continuar en la imagen que Hooke propone, es importante reflexionar sobre esta forma de asumir la luz, puesto que, su interpretación pone de manifiesto la necesidad de dos agentes, las partes del cuerpo luminoso y las partes del medio (prisma). Esta imagen es análoga, dice Hooke en Granés (2005), a la que se puede hacer cuando incide una piedra sobre el agua, pues se ve como el movimiento de la piedra se comunica a través del movimiento de las partes del medio. Además, se evidencia que la capacidad de comunicación del movimiento vibratorio en el medio o intensidad del pulso en el agua estará determinada por la cantidad de movimiento de la piedra. En otras palabras, la cantidad de movimiento vibratorio de la luz determina la intensidad del pulso en el prisma.

En este sentido, la producción de colores al pasar luz solar¹ por un prisma era consecuencia de la interacción de las partes del cuerpo transparente y las partes vibratorias de la luz.

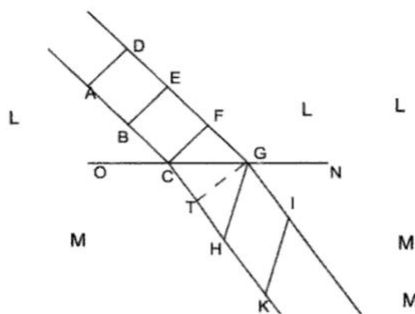


Ilustración 2. Camino de la luz al cambiar de medio para Hooke. Tomada de Granés 2001

Según Hooke, (ver Ilustración 2) el rayo físico de luz blanca se representaba por ACDG, los rayos matemáticos que definen la trayectoria de la luz están dados por ABC y DEFG y los pulsos, que definen la dirección de propagación de la luz, forman ángulos rectos con los rayos. Cuando ACDG pasaba de un medio menos denso a uno más denso, la velocidad y facilidad de transmisión del pulso eran alteradas; para medios más densos

¹ Entiendo por luz solar la luz proveniente del sol, también podré referirme a esta como luz blanca.

la velocidad del pulso era mayor que para medios menos densos, el movimiento vibratorio se transmitía con mayor grado de dificultad.

En el momento en el que la luz ingresaba de manera oblicua en un medio transparente, las características de los pulsos eran alteradas. El rayo AB ingresaba primero que el rayo DF, de forma que una parte del pulso CF ingresaba primero en el prisma. La porción de pulso asociada al rayo que ingresaba primero tenía una velocidad mayor, pero su movimiento vibratorio se debilitaba puesto que el medio era más denso. Como el rayo CH contaba con mayor velocidad, podía recorrer mayor distancia en el mismo intervalo de tiempo que el rayo FG. El rayo CK encontraba mayor resistencia a su movimiento que los rayos siguientes, modificación mecánica que se manifestaba a los sentidos como rayos de luz de colores diferentes, siendo el azul el color más débil porque ingresaba primero y debía “abrir camino” a las partes del pulso subsiguientes, y el color rojo la parte del pulso que menos se debilitaba, pues, era la última que ingresaba al medio transparente.

En síntesis, la perspectiva mecánica de Hooke describía los colores del espectro en términos de la modificación en la velocidad del pulso (frente de onda) y en la facilidad con la que el medio transmitía el movimiento vibratorio de las partes del pulso. Desde este punto de vista, los colores de la luz blanca no son más que el producto de la modificación de los pulsos, y sus gradaciones corresponden a la dureza y debilidad de estos.

2.4 Newton y la filosofía natural

La filosofía natural de Newton dista de la filosofía mecánica de Descartes y de Hooke, fundamentalmente por el papel que le atribuye al experimento en la construcción de las teorías físicas. Shapiro (2006) señala, en su texto *“La filosofía experimental de Newton”*, que para Newton el experimento tenía la función de determinar si una hipótesis era verdadera o falsa y, así mismo, permitía la construcción de hipótesis provisionales que posteriormente serían juzgadas a la luz de la experiencia. En contraste, Descartes y Hooke construían sus teorías a partir hipótesis ad hoc (con las cuales intentaban salvar los fenómenos) que no podían ser corroboradas por la experiencia.

La filosofía natural newtoniana se caracterizaba por a) excluir las hipótesis que no podían validarse a través de la experiencia, y b) deducir de los fenómenos las

proposiciones de sus teorías y generalizarlas por inducción mediante una forma metodológica de proceder denominada Análisis y Síntesis.

La primera de estas características denota la gran distancia que había entre Descartes, Hooke y Newton puesto que, las hipótesis de los dos primeros explicaban la producción de colores a partir de su forma particular de entender la naturaleza de la luz, de manera que no podían ser corroboradas con el experimento, es decir, ¿cómo corroborar que los corpúsculos de luz de Descartes golpeaban oblicuamente a los corpúsculos de sombra, de manera que las velocidades de rotación y traslación de los primeros se modificaban y producían colores? ¿A través de qué experimento se determinaba si la velocidad de los pulsos de luz que ingresaban al prisma cambiaba por la interacción entre la luz y el medio y, como consecuencia de esto, se formaba el espectro?

Newton reconocía la dificultad para explicar los colores del espectro a partir de suponer cierta una hipótesis sobre la naturaleza de la luz. Por tal razón, en lo que respecta a su libro de óptica, admite como ciertas las hipótesis validadas a través del experimento y a aquellas que son susceptibles de corroborarse por este medio, más nunca incursiona en la definición de la naturaleza de la luz, pues reconocía los límites de validez de su organización, aquellos que el experimento imponía.

El método de análisis y síntesis le permitía a Newton, en primera instancia partir de los efectos (fenómenos) hasta llegar a las causas, de forma que, cuantos más efectos respondieran a las mismas causas, mayor era el grado de certeza de estas últimas y, en consecuencia, podía proceder por síntesis, es decir, componer las causas como principios que podían explicar un mayor rango de fenómenos (Newton en Shapiro, 2006).

El proceder de Newton se evidencia en la forma en la que expone su trabajo en el libro de Óptica. A modo de ejemplo, se abordan dos experimentos que exponen la forma en la que su método de análisis y síntesis le posibilita la construcción de la teoría de los colores de la luz.

En el experimento primero del libro de óptica (véase Ilustración 3), Newton se propuso demostrar que la luz que difiere de color, difiere también en grado de refrangibilidad. Para ello, ubicó un prisma paralelo cerca de una ventana por la que ingresaba la luz del sol; en el intermedio de la ventana y el prisma dispuso un papel coloreado, en la primera mitad de color azul y la mitad restante de color rojo. Cuando Newton observó el papel a

través del prisma, estableció su posición referencia. De ahí en adelante, modificó la inclinación de la cara en el que la luz de la ventana incidía en el prisma para determinar si la posición del papel –observado a través del prisma- sufría alguna modificación. Newton notó que al girar el prisma de forma que la posición del papel pareciera elevada con respecto al punto de referencia, la mitad del papel de color azul se elevaba más que la de color rojo.

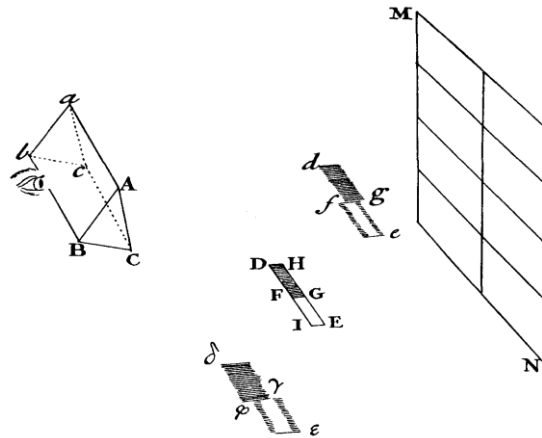


Ilustración 3: La luz que difiere de color difiere en grado de refrangibilidad.
Tomada de Newton (trad. 1977)

Para Newton el color de los cuerpos es consecuencia de la reflexión de rayos del color que se los percibe, por tanto, el hecho de que el papel de color azul se desplazara más que el de color rojo indicaba que los rayos reflejados por el primero sufrían una desviación mayor al pasar por el prisma en comparación a los del segundo. De esta forma, el desplazamiento de color azul y rojo observado a través del prisma se constituyó en la primera evidencia que le permitió a Newton decir que la luz de color azul era más refrangible que la roja y, en consecuencia, que a cada color le corresponde un grado de refrangibilidad.

Como se ve, la hipótesis planteada es demostrable experimentalmente; los hechos se constituyeron en evidencia que demuestran las hipótesis y permiten que se les tome como verdaderas.

Un segundo experimento, que Newton denominó *experimento crucial*², consistía en hacer pasar un haz delimitado de luz solar por un prisma; Newton, al igual que sus antecesores, observó sobre la pared en la que recaía la luz que salía del prisma, los

² Este experimento se desarrollará en detalle en el capítulo 2

colores del espectro en forma alargada. La proposición extraída del experimento anterior le permitió demostrar que: 1) el alargamiento del espectro se debía a que a cada color le correspondía un grado de refrangibilidad, 2) la luz blanca era heterogénea, puesto que se componía de rayos de luz de los colores que aparecían en el espectro y 3) el prisma “analizaba” la composición “real” de la luz blanca, más no la modificaba en su esencia.

Lo anterior pone en evidencia la forma en la que Newton genera su teoría por análisis y síntesis, pues, él procedió del fenómeno –experimento 1- y estableció una causa –a cada color le corresponde un grado de refrangibilidad- y, en pro de hacer de esta causa una proposición general, amplió los efectos – experimento 2- que esta podía explicar.

Newton dio razón del espectro de colores en términos de rayos, color y refrangibilidad, conceptos que “nacían” de su experiencia y concordaban con el experimento. Además, al considerar que el prisma descomponía la luz blanca en sus componentes fundamentales, y no que alteraba la esencia de esta, rompió con los esquemas establecidos por la filosofía mecánica; Newton no caracterizó el fenómeno en términos de la interacción entre corpúsculos, pues esto implicaba asumir una conjetura sobre la naturaleza de la luz (carácter corpuscular de la luz) como cierta, cosa que no estaba dispuesto a hacer, dado que, recaería en la filosofía hipotética³ de Descartes y Hooke, en la cual nada podía validarse por medio del experimento.

Mucho se habla sobre la fijación de Newton por describir la naturaleza de la luz en términos corpusculares, sin embargo, en su libro de óptica alude al carácter discontinuo de la luz para expresar su concepción sobre esta, mas no para explicar los fenómenos que allí se ilustran bajo esta imagen. Esto permite considerar que él reconoce que la luz como corpúsculo no es demostrable experimentalmente, por lo tanto, evita usar este concepto para explicar sus experimentos: él no puede permitirse mezclar conjeturas con certezas en la construcción de su teoría. Así las cosas, el prodigio de la explicación newtoniana está en formular la heterogeneidad de la luz blanca paralelamente a la interpretación corpuscular que él tenía sobre la naturaleza de la luz.

³ Newton se refiere con este término a la filosofía mecánica que representaban Descartes, Hooke, Leibniz, entre otros. Para él la filosofía que ellos practicaban era hipotética porque las explicaciones que ellos brindaban sobre los fenómenos eran hipótesis que se admitían como ciertas sin la más mínima consideración de ser probadas por el experimento.(Shapiro, 2006)

En conclusión, se considera que lo anterior ayuda a comprender que la filosofía Newtoniana propugnó por establecer grados de certeza en la ciencia del siglo XVII, lo cual es revolucionario si se tiene en cuenta que Descartes y Hooke solo proponen hipótesis para explicar como “probablemente” se comporta el mundo, en tanto Newton explica el mundo a través de la construcción de una teoría sustentada en la experimentación.

3 LA CONSTRUCCIÓN EXPERIMENTAL DE NEWTON DE LA TEORÍA DEL COLOR

En este apartado se analizan tres experimentos que Newton (trad. 1977) desarrolla en su *Tratado de Óptica*, con el fin de configurar el marco teórico desde el cual se sustenta la propuesta de enseñanza, que tiene por objetivo construir vínculos entre luz y color. Para ello, se seleccionaron tres experimentos: el primero, se denominó *Del análisis de las características del espectro a la luz del sol como compuesta de rayos de diferente refrangibilidad*, planteado por Newton para poner a prueba la hipótesis según la cual la luz del sol consta de rayos de diferente refrangibilidad; el segundo, se nombró *Pensando el color en términos de grados de refrangibilidad de los rayos*, el cual fue propuesto para determinar que a cada color que compone la luz del sol le corresponde un grado de refrangibilidad; el tercero, se designó *mezcla de rayos de luz de color definido*, en el cual se determinan los rayos de colores necesarios para la obtención de un color.; y el cuarto se nominó *El color de los cuerpos depende del color de la luz que los ilumina*, según el cual el color de los cuerpos depende del tipo de rayos que estos reflejan y absorben

3.1 Del análisis de las características del espectro a la luz del sol como compuesta de rayos de diferente refrangibilidad

El experimento 3 de la Óptica de Newton (trad. 1977), fue propuesto para dar cuenta de que la luz del sol consta de rayos de diferente refrangibilidad⁴. Para demostrar esto, Newton configuró el siguiente montaje experimental (ver Ilustración 4): En una habitación oscura dejó entrar luz solar por un pequeño orificio (F), dispuso un prisma (ABC) con tal suerte de que el haz de luz que ingresaba por este fuese interceptado. Paralelo al prisma, ubicó una hoja de papel blanca (MN), en la cual incidía perpendicularmente la luz (PT) proveniente del medio refrangible. La ubicación del prisma era importante, porque esta determinaba la posición de la luz sobre la hoja blanca, es decir, Newton notó que al hacer girar el prisma en torno a su eje la posición de la luz que pasaba a través de este variaba en la hoja de papel, de manera que, la ubicación del prisma debía ser aquella en donde la imagen formada fuese lo más

⁴ Newton define la refrangibilidad de los rayos de luz como una disposición a desviarse de su camino original cuando este pasa de un medio o cuerpo transparente a otro. Además, señala que los grados de refrangibilidad se cuantifican de acuerdo con la disposición a desviarse más o menos de su camino, sientiendo el ángulo de incidencia contante para un mismo medio. (Newton, I. (ed.1952).p.10)

perpendicular posible a la luz incidente, dicho de otro modo, aquella en la cual el ángulo del haz de luz incidente fuera igual al ángulo del haz de luz refractado.

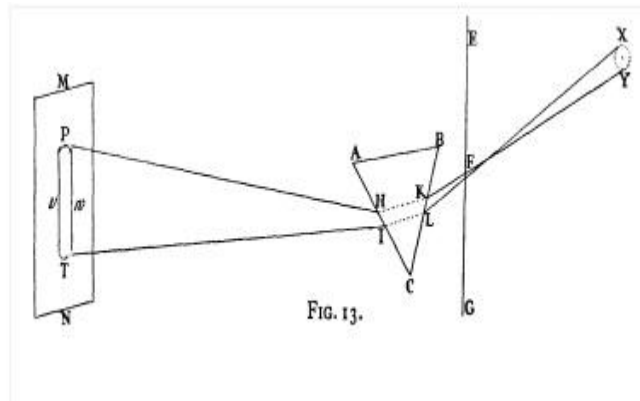


Ilustración 4. La luz del sol consta de rayos de diferente refrangibilidad.
Tomada de Newton (trad. 1977)

Una vez Newton definió las condiciones experimentales de su montaje, se centró en identificar las características de la luz del sol cuando esta había pasado por el prisma. La imagen que la luz formaba al incidir sobre la hoja de papel blanco Newton la llamó “la imagen colorida de la luz del sol⁵”. Esta imagen Newton la caracterizó por su color, forma y dimensión.

Con respecto a la primera característica, el espectro era de todos los colores, es decir, de aquellos que se podían percibir entre el rojo (T) y el violeta (P), a saber, rojo, naranja, amarillo, verde, azul claro, azul oscuro (añil) y violeta. La forma de la imagen de la luz del sol era oblonga, limitada por dos lados paralelos rectilíneos (AE y GL) y por dos extremos semicirculares (GA y LE). Debido a la forma oblonga o alargada del espectro, las dimensiones de las líneas paralelas eran mayores que la distancia cubierta por los extremos semicirculares, como se esquematiza en la ilustración 5.

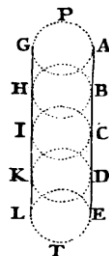


Ilustración 5. Forma oblonga de la imagen colorida de la luz del sol.
Tomada de Newton (trad. 1977)

⁵ También me referiré a ella como espectro de la luz del sol.

Las características del espectro, en tanto, color, forma y dimensión, brindaron a Newton elementos experienciales que constituirían los factores esenciales de la problemática sobre la cual su teoría del color se centraría.

En primera instancia, a Newton le cuestionó la forma –y por consiguiente las dimensiones- del espectro, más que los intensos colores prismáticos. Esto, dado que, de acuerdo con las leyes de la refracción conocidas, si el ángulo de incidencia del haz de luz blanca era igual al ángulo de refracción, la imagen del espectro habría de ser circular y no alargada. Una forma circular de la imagen indicaría que todos los rayos que constituían la luz blanca eran refractados por el prisma de la misma manera, no obstante, como la forma del espectro era alargada, los rayos de luz que constituían la luz blanca debían ser refractados de maneras distintas. (Darrigol, 2012)

El alargamiento del espectro supuso dos problemas interrelacionados para Newton: establecer si el alargamiento era un aspecto circunstancial generado por el montaje experimental y determinar si este experimento, en particular, le permitía probar su hipótesis de que la luz del sol está compuesta por rayos de diferente refrangibilidad.

Newton realizó varias pruebas experimentales con el propósito de evaluar si el alargamiento del espectro podría deberse a: a) al grosor y material del vidrio del prisma; b) el diámetro del orificio por el que la luz ingresaba, y c) el ángulo de incidencia de la luz blanca sobre el prisma, todas ellas situaciones circunstanciales del montaje. Por esta razón, modificó una a una estas variables para determinar si guardaban relación con el alargamiento.

En primera instancia, utilizó prismas hechos con vidrio de diferentes grosores y, luego, realizó el experimento con prismas de diferentes materiales como “*placas pulimentadas de cristal pegadas en forma de prisma y prismas que se llenaban con agua*” (Newton, trad. 1977, p.34). Habiendo determinado que el grosor y el material no afectaban la forma del espectro alteró el diámetro del orificio por el cual ingresaba la luz, lo cual le permitió evidenciar que esta variable afectaba las dimensiones del espectro pero no su forma: el espectro podía ser más grande o pequeño pero siempre tenía forma oblonga. Por último, varió el ángulo de incidencia de la luz blanca haciendo rotar el prisma con respecto a su eje: cuando el ángulo de incidencia de la luz blanca aumentaba con respecto al ángulo ideal⁶, el ángulo de refracción de los rayos de colores disminuía y la

⁶ El ángulo de incidencia ideal es aquel que es igual al ángulo de refracción de la luz.

imagen tenía dimensiones más pequeñas, y viceversa. A pesar de todas estas modificaciones la forma oblonga de la imagen coloreada de la luz del sol permanecía.

De esta forma, concluye Newton, el alargamiento del espectro cromático es una característica de este y no una consecuencia de las irregularidades del montaje. Por tanto, la proposición según la cual *la luz del sol consta de rayos de diferente refrangibilidad*, se soporta en el hecho de que la luz blanca esté compuesta de rayos de los colores ya mencionados, siendo el rojo el menos refractado – extremo T- y el violeta el más refractado –extremo P-.

3.2 Pensando el color en términos de grados de refrangibilidad de los rayos de luz.

Retomando el proceder de Newton por análisis y síntesis, según el cual cuantos más fenómenos fuesen explicados por las mismas causas, mayor era la generalidad lograda. En este sentido, el Experimentum Crucis, lleva ese nombre porque pone a prueba experimental dos proposiciones fundamentales en la construcción de la teoría del color de Newton, a saber, que la luz de diferente color tiene distintos grados de refrangibilidad y que la luz del sol consta de rayos de diferente grado de refrangibilidad, es decir, que es una mezcla de luces de color fundamentales.

El *Experimentum Crucis* (ver Ilustración 6), requirió de un haz de luz solar que ingresaba por el orificio F, un prisma móvil perpendicular a la luz incidente, ABC. Una vez la luz blanca era descompuesta por el prisma ABC, los colores del espectro eran colimados con una tabla DE a la que se le había practicado un agujero G. Este rayo de luz de color definido se delimitaba aun más a través la abertura g de una segunda tabla de; posteriormente el rayo se hacía pasar por un segundo prisma abc para determinar con exactitud la posición en el espectro de cada uno de los colores que componían la luz blanca.

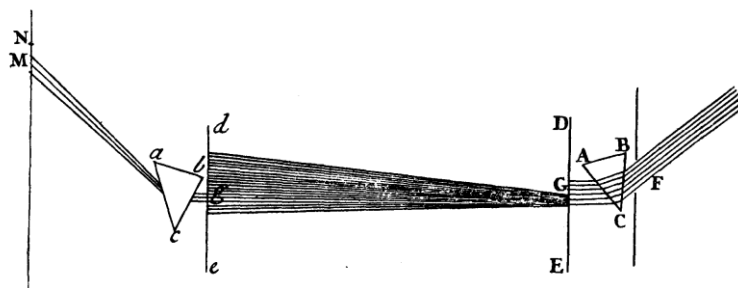


Ilustración 6. Experimento Crucial.
Tomada de Newton (trad. 1977)

El prisma ABC debía ser móvil porque su movimiento hacia arriba y abajo con respecto a su eje determinaba la fracción del espectro colorido que recaía en las placas DE y de y, en consecuencia en el segundo prisma. Así pues, Newton colimó uno a uno los rayos de color dispersados por el primer prisma e identificó en la pantalla que el rayo de color violeta, con mayor grado de refracción en el primer prisma, era igualmente el más refractado por el segundo prisma; análogamente, el rayo de color rojo, que era el de menor grado de refrangibilidad en el primer prisma, era el menos refractado por el segundo.

Es importante resaltar el hecho de que la identificación de la posición y el orden de los rayos de color constituyentes de la luz blanca en la pantalla supuso a Newton demostrar experimentalmente algo antes, esto es, que había algunos rayos que al colimarse no podían descomponerse más. A estos rayos los denominó *fundamentales, originales y/o simples* de la luz solar.

De acuerdo con esta proposición y con los resultados experimentales de la posición de los rayos de color sobre la pantalla, Newton concluyó que a cada rayo de luz fundamental (color) le corresponde una posición particular dentro del espectro cromático, de acuerdo con el grado de refrangibilidad de estos. De esta forma, las causas del alargamiento del espectro estaban fuertemente vinculadas con el establecimiento de la posición y composición exacta de los colores del espectro cromático.

Esta organización de los colores, según la cual un rayo de color que pasa a través de un prisma no puede descomponerse más, le permitió a Newton categorizar los colores de la luz en fundamentales y compuestos: los colores originales o fundamentales serían aquellos que al pasar por el prisma no se dispersaran y los compuestos, aquellos que

fuesen el resultado de la mezcla de dos o más colores, como la luz blanca, que al pasar por un medio refrangible se descomponía en sus colores originales.

De lo anterior, se evidencia que la manera en la cual Newton define y categoriza los colores en primarios y secundarios tiene como base una de las relaciones entre luz y color que suelen hacerse en física –aun en la actualidad–, a saber, asociar al color percibido de la luz un grado de refrangibilidad determinado.

3.3 Mezcla de rayos de luz de color definido

En el experimento 10 del libro de óptica, Newton sugiere que pueden generarse tantos colores como mezclas entre estos sean posibles y que se pueden evidenciar tales configuraciones al observar el cambio de color de los cuerpos naturales.

Para probar experimentalmente tal proposición, Newton propuso el siguiente montaje, esquematizado en la Ilustración 7. En un cuarto oscuro dejó ingresar un rayo de luz blanca por el orificio F, ubicó un prisma ABC para dispersar la luz; perpendicular a la dirección de la luz dispersada situó un lente MN convergente en cuyo foco G coincidían los rayos que componen la luz blanca. Después de esto, interceptaba, con una hoja de papel blanco, los rayos de luz provenientes del lente MN en tres puntos estratégicos: el primero antes del foco, el segundo después de este, y el tercero en el foco.

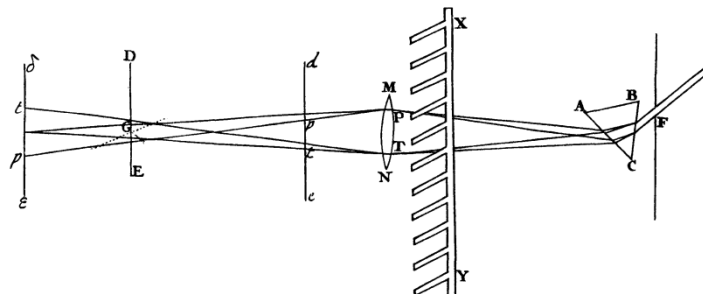


Ilustración 7. Mezcla de luces de colores. Tomada de Newton (trad. 1977)

El movimiento de la hoja entre de y DE evidenció cómo los colores primarios del espectro gradualmente se mezclan y desaparecen en el blanco. Cuando la hoja se ubicaba antes y después del foco esta se tornaba del color de los rayos de luz fundamentales, entre tanto, al situarla en el foco, era de color blanco.

Newton amplió este experimento para el diseño y puesta en marcha de mezclas entre rayos de colores, razón por la cual, añadió al montaje un peine (XY) con el cual interceptaba uno o más rayos de luz. En un primer momento, ubicaba la hoja antes del

foco para establecer qué rayos de luz de color había sustraído con el peine, posteriormente, desplazaba la hoja hacia el foco para determinar el color resultante de la mezcla de rayos de color seleccionados. De acuerdo con esta forma de proceder, Newton encontró que al sustraer al menos un color, la blancura se acababa y el papel se tornaba del color que toma la luz como consecuencia de la mezcla de los rayos de color que no fueron interceptados.

El anterior experimento fue importante dentro de la organización newtoniana por tres razones: 1) configuró patrones de la mezcla de luces de colores, al determinar el color generado en la mezcla de rayos de color que él previamente conocía; 2) reconoció que los rayos de luces de colores son productores de color, puesto que, el color de la hoja blanca (vista a la luz del sol) se transformaba de acuerdo con los rayos de color que la iluminaban; y 3) determinó que el color de los cuerpos es consecuencia de los rayos de luz que estos reflejan.

3.4 El color de los cuerpos depende del color de la luz que los ilumina

Se presenta el experimento 17 de la óptica porque se considera que este es una consecuencia de las ideas planteadas en el experimento anterior. En este, Newton propone un experimento que le permite explicar el color de los cuerpos naturales haciendo uso de las propiedades de la luz conocidas, esto es, refracción, reflexión y absorción⁷. Él, en primera medida, considera que el color de los cuerpos naturales se debe al tipo de rayos luminosos que estos reflejan y absorben, y, en ese sentido, que el color de los cuerpos se percibe más luminoso e intenso a la luz de su propio color.

Con el propósito de generar hechos experimentales que soporten sus hipótesis, Newton ilumina cristales de azul-ultramarino y cinabrio, como los que se muestran en la Ilustración 8 con luces homogéneas o simples de color azul y rojo.

⁷ Newton no acude al término de absorción de la luz propiamente, sino que, reconoce que el color de los cuerpos se debe en parte a la reflexión de los rayos del color que los vemos y a la oposición que ejercen los cuerpos al paso de determinados rayos, cuyo color no se percibe en los cuerpos.



Ilustración 8. Cristales de azul ultramarino y cinabrio.

En un primer momento, ilumina el cristal de azul-ultramarino -o cualquier otro objeto de color azul intenso- con luz de color azul, de forma que percibe que el color del cristal se intensifica. De manera análoga, ilumina con luz de color rojo al cristal de cinabrio y encuentra que su color rojo es aun más intenso que antes.

En un segundo momento, Newton expone ambos cristales al mismo color de luz para determinar el cambio de color de estos. Así, ubica al azul-ultramarino junto con el cinabrio y los ilumina primero con luz roja homogénea y, luego, con luz azul homogénea. Newton encontró que:

1. cuando los cristales eran iluminados con luz roja homogénea, el color rojo del cristal de cinabrio se intensificaba, percibiéndose más resplandeciente y luminoso, entre tanto, el cristal de azul ultramarino se percibía de un color rojo, débil, oscuro y sombrío.
2. cuando los cristales eran iluminados con luz azul homogénea, el color azul del cristal azul-marino se intensificaba, percibiéndose más resplandeciente y luminoso, entre tanto, el cristal de cinabrio se percibía de un color azul, débil, oscuro y sombrío.

De esto, Newton concluye que el color de los cuerpos se debe al tipo de rayos que ellos reflejan y absorben, puesto que: su color se intensifica cuando son iluminados con luz de su mismo color, de manera que reflejan mayor cantidad de rayos luminosos; y, su color se opaca cuando son iluminados con luz de otro color, al admitir gran cantidad de estos rayos e impedir la transmisión de algunos de estos, para que se reflejen en su totalidad en la superficie del cuerpo.

3.5 De los experimentos de Newton a los vínculos entre luz y color

De acuerdo con los experimentos abordados anteriormente, en los que se propone y se demuestra que: 1) la luz del sol consta de rayos de diferentes grados de refrangibilidad; 2) a cada color le corresponde un grado de refrangibilidad; 3) se generan tantos colores como mezclas entre los colores simples sean posibles; y 4) el color de los cuerpos naturales se debe al tipo de rayos luminosos que estos reflejan y absorben. Se reconoce que, para Newton, hay una preocupación por organizar y formalizar la característica de color presente en la luz y en los cuerpos naturales.

Es importante resaltar que el color está directamente relacionado con la luz y la visión. Sin luz las organizaciones de la experiencia vinculadas con la visión no serían tal como se han configurado. Por un lado, se evidencia que la luz tiene colores, es decir, que la luz puede afectar de forma diferente la percepción. Por otro lado, los objetos se perciben de un color determinado de acuerdo con la luz que los ilumina.

Así las cosas, los cuatro experimentos discutidos ponen de presente la preocupación de Newton por dar cuenta del color en su estrecha relación con la luz. Cada uno de estos experimentos aporta a la construcción de las siguientes relaciones:

- El color como una característica de los rayos luminosos
- El color como el producto de la mezcla de rayos de luz de color definido
- El color de la luz como una variable que modifica el color de los cuerpos

En cuanto a la primera relación, el primer experimento brinda elementos esenciales para su concepción, puesto que, en este se da cuenta del alargamiento del espectro a través de los diferentes grados de desviación de los colores que componen la luz blanca, en este sentido, se establece una correspondencia directa entre el color y el grado de desviación de la luz. Adicionalmente, en el segundo experimento, se proporcionan criterios de corte experimental para organizar los tipos de colores en simples y compuestos, de acuerdo con el comportamiento de los rayos al pasar por el prisma.

Con respecto al segundo vínculo, en el experimento dos se propone una forma de organización y clasificación de los tipos de colores de la luz. Por lo tanto, cuando se han definido los colores simples, en el experimento tres, se señala que se pueden generar tantos colores compuestos como mezclas entre los colores simples sean posibles. De

esto, se concluye que el color, al ser una de ser una característica de la luz, puede manipularse y producirse.

Por último, para considerar la tercera relación, es necesario haber consolidado los dos vínculos anteriores, puesto que, si el color es una característica de la luz que se puede controlar, es posible que, tal como se hace en el tercer experimento y cuarto experimento, se considere el color de la luz como una variable que afecta el color de los cuerpos naturales: la luz como productora de color.

4 CRITERIOS PARA LA CONFIGURACIÓN DE LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE LOS VÍNCULOS ENTRE LUZ Y COLOR

En el presente trabajo se ha recurrido a la lectura del texto de la óptica de Newton (trad. 1977) como una estrategia para conseguir elementos que permitan la constitución de una propuesta de enseñanza de la física enmarcada en la configuración de los vínculos entre luz y color desde el desarrollo de actividades experimentales. Esto, pone de presente tres aspectos que se abarcarán a lo largo de este capítulo: el primero se refiere a la importancia de los estudios histórico-críticos, particularmente del trabajo de Newton, en la configuración de la reflexión disciplinar que se encuentra a la base de la propuesta de enseñanza; el segundo, a presentar las reflexiones que se han realizado sobre el tipo de actividad experimental que se privilegia en la propuesta ; y el tercero, a plantear las actividades experimentales que configuran la propuesta en consonancia con los dos momentos precedentes.

4.1 De los estudios histórico-críticos a la propuestas de enseñanza

La importancia de los estudios histórico-críticos en la formación de docentes de ciencias, particularmente de física, radica –a grandes rasgos- en que estos posibilitan procesos de recontextualización. Leer los textos originales de los científicos permite al maestro ver con los ojos de hoy los problemas del ayer, es decir, le es posible recontextualizar un saber, al situarlo en un contexto diferente al que se originó. Desde esta perspectiva, el maestro es un sujeto activo porque interpreta el fenómeno en su génesis, lo cual le permite tener una mirada crítica para la configuración de propuestas de enseñanza de la física.

Orozco (2005) plantea que formar en historia de las ciencias a los profesores de ciencias es una demanda fundamentada en el hecho de que su estudio permite comprender el carácter constructivo del conocimiento científico y su historicidad de forma contextual. Así las cosas, el maestro debe formarse en el uso de la historia como una herramienta que contribuye a las propuestas de enseñanza de las ciencias.

Desde la perspectiva de los estudios histórico críticos en la formación del profesorado en ciencias, se plantea hacer de la historia un pilar para la construcción de propuestas de enseñanza que superen el paradigma historiográfico tradicional de tipo anecdótico. De acuerdo con Bachelard, fundamental en la propuesta planteada en la Universidad

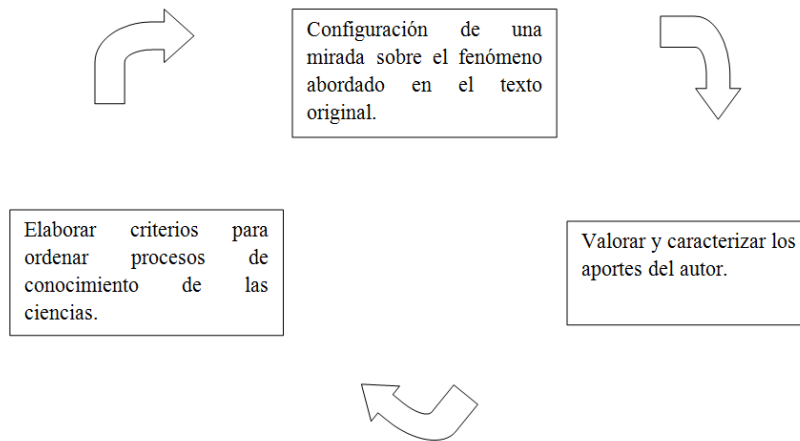
Pedagógica⁸, la historia de las ciencias es siempre una historia juzgada, puesto que, no es simplemente el recuento de los acontecimientos en la construcción del conocimiento científico, sino que, se da vida a la cosmovisión del autor cuando se interpreta y resignifica los procesos involucrados en el desarrollo del conocimiento en su contexto. Al respecto se señala:

“La recontextualización de saberes es una actividad constructiva y dialógica, en busca de elementos para la solución de un problema o la construcción de una imagen de una clase de fenómenos, que dependen inevitablemente de los intereses, conocimiento y experiencia de quienes la realizan (Ayala, 2006, p. 28-29)”

De acuerdo con lo anterior, la recontextualización de saberes permite a los docentes entender la historia como un elemento explicativo del presente, pues al establecer un diálogo es inevitable interpretar lo sucedido a la luz de lo que sucede. El estudio de la historia permite a los docentes formarse una imagen crítica de las ciencias, en la que se construye otra dimensión de esta: la social. En este sentido, el maestro de ciencias genera criterios que le permiten proponer problemas de conocimiento situados en contexto, capaces de reconocer, privilegiar y legitimar visiones particulares de la ciencia. Así, la historia no es objetiva, por el contrario, está sujeta a la interpretación de quien la lee, a sus imaginarios y necesidades de conocimiento. De manera que el docente dialoga e interpreta la historia de forma intencionada, estableciendo nexos con el conocimiento de otra época, más no admitiendo sus problemas y sustituyéndolos por los propios.

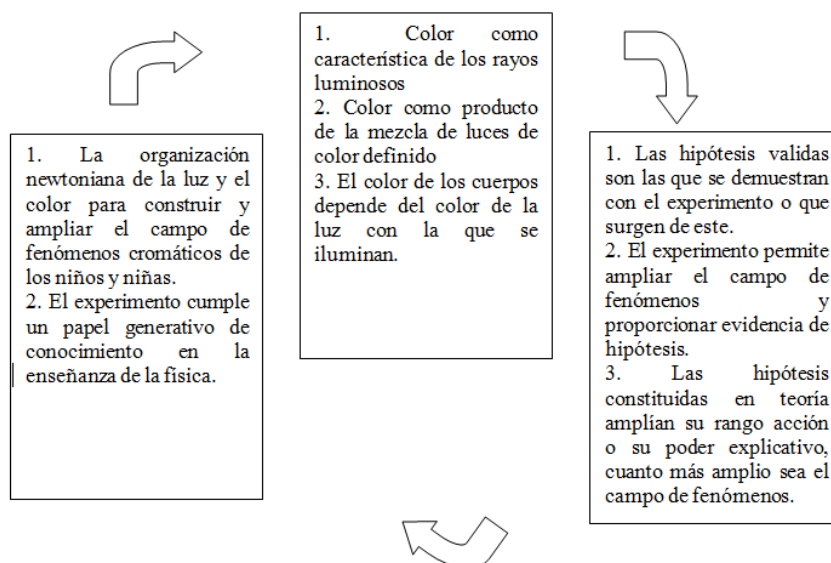
En este trabajo, en el que encuentra eco la perspectiva de los procesos de recontextualización de saberes para la enseñanza de la física, se reconoce que el estudio de la historia de las ciencias permite la comprensión del fenómeno en su contexto, los orígenes, problemas y desarrollos, juzgar las contribuciones del autor a la luz de la actualidad y, configurar criterios para orientar los procesos de enseñanza de las ciencias contextualmente.

⁸ Propuesta encabezada por María Mercedes Ayala y Juan Carlos Orozco



Esquema 1: La recontextualización en la configuración de propuestas de enseñanza

De acuerdo con lo discutido anteriormente, que se resume en el Esquema 1, se ha planteado un análogo a este (**Esquema 2**), en el cual se señalan los aspectos fundamentales de la recontextualización de la óptica de Newton para la configuración de la propuesta de enseñanza.



Esquema 2: La recontextualización en la configuración de una propuesta de enseñanza sobre los vínculos entre luz y color.

Los experimentos discutidos en el capítulo II, permitieron la construcción de una perspectiva sobre la teoría del color de Newton. Se reconoce que la organización newtoniana de los vínculos entre luz y el color, plantea que: 1) el color es una característica de la luz que hace posible clasificarla como simple o compuesta dado su comportamiento con medios refrangibles; 2) el color es producto de la mezcla de

rayos luminosos de colores definidos; 3) el color de los cuerpos depende del color de la luz con la que se iluminan.

Es de resaltar que este proceso de recontextualización también ha puesto de presente una reflexión por el papel que Newton dio al experimento para la configuración de su teoría del color. Al respecto, se reconoce que en su obra – al menos en los experimentos abordados- el experimento cumple un rol generativo⁹ de conocimiento en la medida en que: 1) verifica hipótesis; 2) posibilita nuevos hechos; 3) amplía los límites de validez de las hipótesis, que al generalizarse se configuran en teorías.

Así las cosas, el análisis del papel que desempeña el experimento para Newton permite considerar que este es un elemento transversal en la configuración de la propuesta de enseñanza, ya que, es generador de conocimiento. De igual manera, el trabajo de Newton brinda la base conceptual desde la cual se proponen actividades experimentales que tienen por objetivo construir y ampliar el campo de fenómenos cromáticos de los niños y niñas en tres aspectos particulares: 1) los colores de la luz; 2) la mezcla aditiva; 3) la luz como productora de color.

En conclusión, tal como se muestra en el último esquema, la recontextualización realizada hasta este momento permitió configurar dos aspectos sobre los cuales la propuesta de enseñanza se fundamenta:

1. El experimento como generador de conocimiento, particularmente de los vínculos entre luz y color.
2. La organización newtoniana de las relaciones entre luz y color para la ampliación del campo de fenómenos cromáticos de los niños y niñas.

4.2 La actividad experimental en la propuesta

Hasta el momento se ha discutido el papel que jugó el experimento en la configuración de la teoría del color de Newton, y esto ha aportado a la propuesta de enseñanza en la medida que se entiende al experimento como generador de conocimiento. Sin embargo, se considera pertinente que para poner en juego la mirada desde la cual se constituye la propuesta, es indispensable establecer qué se entiende por experimento como generador de conocimiento y cuál es el tipo de actividades experimentales que se privilegian.

⁹Haciendo uso del término Experimentos generativos, de acuerdo –también- con la propuesta de Koponen y Mantyla (2006).

Para empezar, se reconoce que la relevancia que el maestro da a la actividad experimental en sus clases está íntimamente ligada a los propósitos de formación que persigue. Según Hodson (1994), los dos objetivos más predominantes en la enseñanza de la física son: la enseñanza de contenidos científicos y la enseñanza de los métodos y procedimientos para investigar y resolver problemas privilegiados por las comunidades científicas. Con frecuencia estos objetivos terminan traducándose en dos visiones sobre la experimentación: como una actividad fundamentalmente práctica o como una actividad esencialmente teórica. En la primera, se considera que la experimentación se da sobre los objetos sin fundamentación teórica alguna (visión inductivista), en la segunda por el contrario, se considera que esta solamente tiene la función de corroborar teorías (visión verificatoria) (Koponen y Mäntylä, 2006).

Estas dos formas de entender la actividad experimental disocian la práctica y la teoría, lo cual es cuestionable. Tanto la actividad experimental de corte inductivista como la verificatoria impiden contemplar su relevancia en la construcción del conocimiento científico dado que, la primera está propuesta por el docente para que el estudiante vincule los conceptos científicos con las observaciones, de manera que los conceptos emerjan a partir de una situación particular, y la segunda está propuesta para que el estudiante lleve a cabo acciones determinadas, de forma que el resultado de la actividad evidencie las predicciones que la teoría hace.

En este sentido, en el presente trabajo se entiende que en la construcción de conocimiento el experimento y la teoría se relacionan dialógicamente, esto es, una vez que las ideas de las personas orientan la intervención en un aspecto particular de mundo, estas se reconstruyen a la luz de los resultados experimentales.

De acuerdo con Koponen y Mäntylä (2006), es desde esta perspectiva que la actividad experimental en la enseñanza se entiende como generadora de conocimiento, puesto que, es la base y fuente experiencial de la constante reelaboración de los marcos teóricos involucrados.

Hasta aquí, la actividad experimental como generadora de conocimiento se justifica desde dos reflexiones: la primera, histórico-crítica del rol del experimento en la configuración de la teoría del color para Newton; y la segunda, didáctica en la que se discute el papel de la actividad experimental en la construcción de conocimiento científico en la escuela.

De esta conclusión surge el hecho de que las actividades experimentales que se plantean en la propuesta sean eminentemente cualitativas. Según Ferreirós y Ordóñez (2002), el experimento cualitativo está en la base de la configuración de procesos de conceptualización, puesto que, permite caracterizar al objeto de estudio y, posteriormente, generar hipótesis sobre su comportamiento en distintas circunstancias a la luz de un marco teórico.

Al respecto, ellos proponen una topología de los experimentos, dentro de la cual los experimentos cualitativos se dividen en dos grupos: exploratorios y guiados. Con respecto al primero, señalan que no es necesario tener algún referente teórico para intervenir en el mundo y modificar variables, de manera que, los resultados experimentales organizados son la base de la conceptualización. En cuanto al segundo, el experimento es cuidadosamente elaborado en función de un marco teórico, sin embargo, no se requiere cuantificación o medición alguna para dar cuenta de los resultados experimentales.

Ahora bien, situando lo anterior en el contexto de la propuesta de enseñanza, se considera que el experimento cualitativo exploratorio y guiado está presente, aunque con un matiz diferente.

Se plantea que la actividad experimental cualitativa es guiada en la medida en que es la docente en formación quien propone las actividades a la luz del marco teórico configurado en el análisis de la obra de Newton. Por otro lado, la actividad experimental puede ser exploratoria para los niños, puesto que ellos no necesariamente conocen los conceptos y teorías que se encuentran a la base de su actuar; por el contrario, construyen los conceptos y vínculos entre luz y color al reflexionar sobre su intervención.

En conclusión, interpretando a Ferreirós y Ordóñez (2002), la actividad experimental exploratoria y guiada son aspectos del trabajo experimental en la escuela.

4.3 Las necesidades de conocimiento de los niños de la Institución Educativa

Hasta aquí se ha discutido sobre el papel del estudio de la obra de Newton y el rol que se le otorga a la actividad experimental para la configuración de la propuesta de enseñanza sobre la construcción de vínculos entre luz y color. Ahora bien, es importante reconocer otro aspecto a tener en cuenta: los niños con los cuales se ha venido

trabajando en la práctica pedagógica, pues ellos determinan en gran medida los sentidos, intenciones, objetivos y reflexiones de la propuesta.

La práctica docente se ha desarrollado en la Institución Educativa Distrital Rodrigo Lara Bonilla, ubicada en la localidad de Ciudad Bolívar, con un grupo de 42 estudiantes de grado sexto, cuyas edades van de los 11 a los 14 años. Es importante resaltar que en este grado la institución no cuenta con un espacio académico definido para desarrollar procesos educativos de la física, de manera que, los espacios destinados para su enseñanza a este nivel son muy pocos. Debido a esto, la práctica se ha llevado a cabo en la clase de matemáticas.

En un principio, se consideró de qué forma la propuesta se adecuaría al contexto educativo, si a los contenidos de la clase o a la experiencia de los estudiantes. Claramente, se ha elegido la segunda, pues, existen vínculos entre la experiencia cromática de los estudiantes y las relaciones entre luz y color que puedan construirse, ampliarse y enriquecerse a través de actividades experimentales de corte cualitativo.

Al respecto, cobra sentido preguntarse por: a) *la forma en la que las experiencias de los estudiantes influyen en la propuesta* y, de acuerdo a esto, b) *cuáles van a ser los alcances educativos de la misma*.

En cuanto a la primera cuestión, se ha reconocido en la práctica que habitualmente los niños organizan su campo de fenómenos cromáticos de acuerdo con las mezclas sustractivas, esto es, con la mezcla de pigmentos, y no suponen que los colores de la luz y sus mezclas se rijan bajo otros criterios. De esta forma, consideran, por ejemplo, que el color blanco no puede producirse a partir de la mezcla de otros colores; de acuerdo con Viennot, Chauvet y Kaminsky (2002), cuando se proponen mezclas de luces de colores es frecuente que los estudiantes extrapolen los resultados de las mezclas de pigmentos.

Desde esta perspectiva, se considera que los niños –con quienes he venido trabajando– tienen una idea sobre el color, marcada por la mirada artística de este, que es susceptible de enriquecerse al proponer escenarios de aprendizaje en los cuales esta no sea suficiente para dar cuenta de otro tipo de experiencias, en las que la idea de color y sus criterios de organización deben ampliarse y, en ocasiones, reformarse.

En consecuencia con lo anterior, el tipo de actividades experimentales que se plantean (véase sección 4.2) serán cualitativas, porque para los niños este será uno de los primeros escenarios dedicados a pensar los vínculos entre la luz y el color. Este tipo de actividades experimentales permiten a los niños de este contexto un primer nivel de organización, puesto que, se propician espacios para descomponer la luz blanca, establecer si es posible descomponer o no los colores que componen la luz blanca, reconocer cuáles son los colores necesarios para producir luz blanca, mezclar luces de colores e identificar si el color de los cuerpos es una característica modificable.

Adicionalmente, gracias al trabajo realizado con este grupo en la práctica pedagógica, se reconoció que los niños en este curso no contaban con una amplia experiencia en el desarrollo de actividades experimentales que generaran procesos de conocimiento. Debido a esto, se optó por acompañar las actividades experimentales cualitativas con guías orientadoras (véase Anexo 1), cuyo propósito es el de complementar el proceder y la reflexión de los niños, para que los vínculos entre luz y color sean construidos de forma gradual, teniendo en cuenta la experiencia del estudiante, la intervención que ellos realizan y las conclusiones que extraen de sus intervenciones. Es importante señalar, que estas guías no tienen como objetivo coartar la actividad del estudiante, ni mucho menos hacer de esta el cumplimiento de una serie de pasos que permiten ciertas respuestas.

En este sentido, se espera que los estudiantes organicen su experiencia de tal forma que les sea posible dar cuenta de ella, esto es explicarla. Es de resaltar, que las explicaciones se entienden como respuestas a las preguntas de cómo y por qué los objetos de estudio se comportan de la forma en que lo hacen (Hempel en Eder y Adúriz-Bravo, 2008). En esta propuesta se da prelación a la elaboración de explicaciones de tipo descriptivo, en la cual los niños logran definir las características y condiciones en las que se presenta el fenómeno, puesto que, esta se considera una etapa que antecede a la producción de explicaciones de tipo causal desde los marcos teóricos de la ciencia (Concari, 2001).

Por tanto, se considera que la propuesta pensada en este contexto precisa, en primera instancia, reconocer que ya existe un conocimiento alrededor de los fenómenos cromáticos con pigmentos y, en segundo lugar, generar escenarios en los cuales se identifiquen los “nuevos” fenómenos cromáticos, sus condiciones de producción y se comparen con aquellos que ya han sido organizados.

4.4 Actividades experimentales para la configuración de vínculos entre luz y color.

Para empezar, se presentan las reflexiones de los experimentos abordados en el capítulo anterior con el objetivo de señalar cuáles son las ideas que Newton presenta, cómo estas contribuyen en la organización de las actividades y hasta qué punto son abordadas. Además, se pone de presente la sensibilidad que ha tenido la propuesta en su configuración frente a las necesidades de conocimiento de los niños. Finalmente se ponen en escena los objetivos y las descripciones de las actividades experimentales.

4.4.1 El color como una característica de la luz

En el primer experimento abordado en el capítulo anterior, Newton identifica que la forma oblonga de la imagen colorida de la luz del sol se debe a que esta se compone de rayos con diferentes grados de refrangibilidad y no a aspectos circunstanciales del montaje. Adicionalmente, el segundo experimento, en el que descompone y recompone la luz del sol, le permite concluir que esta es una mezcla heterogénea de rayos con diferentes grados de refrangibilidad. De esta estructura conceptual se reconoce que el color, al identificarse como cualidad de la luz, es formalizado en términos de grados de refrangibilidad. No obstante, se considera que dicho nivel de formalización no tiene porque ser el fin último de la actividad experimental de la propuesta, puesto que, bien puede reconocerse que el color es una característica de la luz y, por tanto, construir la idea de que la luz blanca está compuesta de luces de todos los colores sin necesidad de recurrir a los grados de refrangibilidad de la luz.

Desde esta perspectiva, la primera actividad experimental (ver Ilustración 9) tiene como objetivo *que los niños construyan la idea de que la luz blanca es una mezcla de luces de colores*. Para ello, los estudiantes generarán un espectro al hacer pasar luz blanca por un medio refrangible (prisma), e identificarán los colores que componen esta luz. Es importante resaltar que en la configuración de tal idea, es posible que los estudiantes reflexionen sobre el color como característica de la luz, el papel del prisma en la generación del espectro y por qué este se produce.

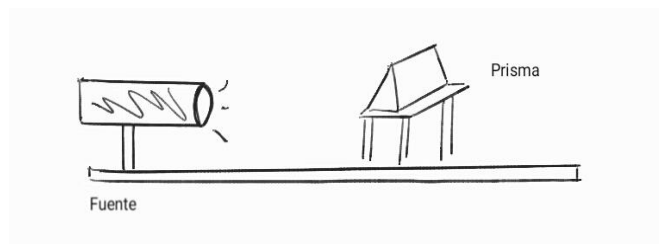


Ilustración 9: Descomposición de la luz

Adicionalmente, la segunda actividad experimental de este apartado se plantea a la luz de las reflexiones que se llevaron a cabo sobre el experimento 2, descrito en el capítulo anterior (véase sección 3.2). Como se ha discutido, en este experimento Newton hace pasar cada uno de los colores que componen el espectro a través de un segundo prisma con el propósito de: 1) determinar el grado de refrangibilidad de cada color; y 2) clasificar los colores de acuerdo con su comportamiento al pasar por el prisma. De esto, Newton concluye que a cada color del espectro le corresponde un grado de refrangibilidad y que se pueden clasificar los colores de la luz en dos grupos: simples, que no se descomponen, y compuestos, que se descomponen en más colores.

Desde esta perspectiva, el experimento que Newton llevó a cabo da a conocer los criterios de corte experimental desde los cuales organiza los colores de la luz. Se considera que este experimento permite la construcción de una organización cromática en la que se definen cuáles colores de luces pueden producirse a partir de la mezcla de otros, y cuáles no; se trata de establecer los colores simples y compuestos¹⁰ de la mezcla de luces de colores.

En este sentido, la segunda actividad *tiene como propósito que los niños organicen y clasifiquen los colores de la luz al establecer el comportamiento de cada uno de los colores del espectro en su interacción con el prisma (2)*. Para ello, los estudiantes producirán el espectro al hacer pasar luz blanca por el prisma 1, tal como se muestra en la Ilustración 10, luego colimarán cada color del espectro con la rejilla y lo harán incidir en el prisma 2, para determinar si el color seleccionado se descompone o no en más colores.

¹⁰ Los colores simples y compuestos de la mezcla de luces de colores, actualmente se denominan primarios y secundarios, respectivamente.

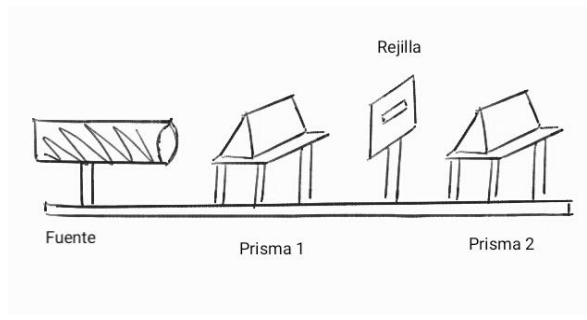


Ilustración 10: Clasificación de los colores que componen la luz blanca

Al respecto, es importante resaltar que para la consecución de este objetivo no es necesario formalizar la cualidad de color en términos de grados de refrangibilidad - como lo hace Newton-, ya que, el estudiante puede organizar y clasificar la luz en función de su cualidad, el color.

4.4.2 El color producido por la mezcla de luces de colores

En el tercer experimento discutido en el capítulo II, Newton propone un montaje experimental en el que es posible mezclar luces de colores definidos a través de la selección de algunos de ellos. Una de las combinaciones más importantes dentro de la teoría del color de Newton, es la mezcla de los colores que él ha denominado primarios y que dan como resultado el blanco. Él encontró que al retirar al menos uno de los siete colores primarios (rojo, anaranjado, amarillo, verde, añil, azul y violeta), la blancura generada en la mezcla no era la misma y, por tal razón, se requerían de todos los colores para generar el “verdadero” blanco.

Este experimento es fundamental porque le permite a Newton generar una organización cromática en la que se tienen siete colores primarios y se determinan los resultados de las combinaciones que pueden hacerse entre ellos. Adicionalmente, pone de presente dos grandes ideas sobre las cuales gira la actividad experimental de la propuesta en este momento: 1) es posible generar tantos colores como mezclas entre los colores primarios sean posibles, y 2) la producción del color blanco a través de la mezcla de luces se da si intervienen todos los colores primarios.

De acuerdo con esto, se pensó, en primera instancia, en realizar con los estudiantes una actividad experimental análoga a la que Newton propuso, puesto que, esto permitiría la construcción de las dos ideas ya mencionadas. Para ello, se construyeron siete fuentes de luces de color definido, cada uno de los cuales se constituía de un tubo de cartón, una

lámpara en uno de los extremos y papel celofán, en el otro. Según la idea newtoniana, se procedió a realizar la combinación de los siete colores primarios al proyectar la luz de cada fuente sobre una hoja de papel blanco, obteniendo el siguiente resultado:

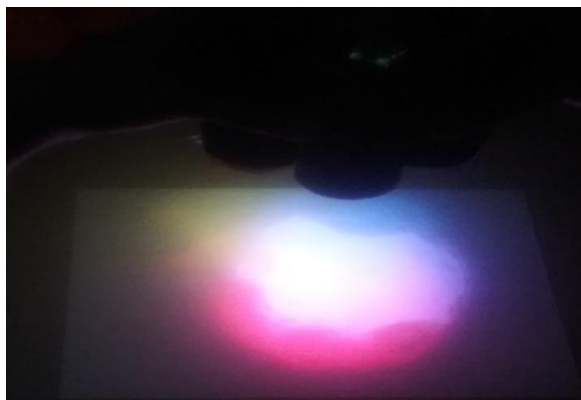


Ilustración 11: Producción del color blanco según Newton

Como se evidencia en la Ilustración 11, la mezcla de las luces de colores genera el blanco. De esta forma, se prosiguió a producir colores compuestos a partir de la mezcla de dos o más luces de color simple, no obstante, se encontraron las siguientes dificultades:

- Debido a la gran cantidad de colores primarios, se genera una gran cantidad de colores compuestos, que difícilmente pueden diferenciarse. Además, pensando en la puesta en marcha de la propuesta en la escuela, esta organización sería poco productiva de acuerdo con los tiempos de trabajo de la intervención.
- ¿cómo puede Newton definir que los colores que él ha denominado primarios son realmente indispensables para la configuración de la luz blanca, puesto que en el espectro las luces de colores se mezclan unas con otras?, es decir, ¿cómo logró identificar y colimar el rayo de color más intenso para determinar que ese rayo, y no los subsiguientes, sería el rayo de color fundamental?

Adicionalmente, existe una exigencia educativa por parte de los niños:

- Lograr que las organizaciones cromáticas planteadas desde las actividades de la propuesta tengan en cuenta la experiencia cromática de ellos, es decir, que reafirmen, contradigan o amplíen el campo de acción de la organización que ellos han logrado a través del trabajo con pigmentos.

En este orden de ideas, se propuso utilizar la organización de Young¹¹, de acuerdo con la cual los colores primarios son el rojo, azul y verde, puesto que, al mezclarlos se produce el color blanco y de la composición de dos de ellos, se generan los colores secundarios: amarillo, cian y magenta.

Así las cosas, se propone la tercera actividad experimental, en la que se utiliza la triada de colores primarios de Young, porque:

- 1) permite reconocer que el color, como cualidad de la luz, es manipulable y puede producirse en consonancia con las dos grandes ideas propuestas por Newton, esto es, la producción de colores a partir de las diversas configuraciones de los colores primarios y la obtención del color blanco al mezclar todos los colores primarios.
- 2) la cantidad de colores producidos por mezclas de luces colores es más pequeña en consideración con la organización newtoniana y, dadas las condiciones de tiempo para el desarrollo de las actividades, se hace necesario seleccionar colores que posibiliten mezclas representativas, que se constituyan en ejemplos que permitan generalizaciones de la organización tri-cromática de los niños y niñas.
- 3) posibilita que el estudiante amplíe su campo de fenómenos cromáticos al realizar mezclas aditivas -teniendo tres colores primarios-, y comparar los resultados con su habitual experiencia cromática, en la que los resultados de la mezcla sustractiva imperan. Lo anterior, dado que, cuando se proponen mezclas aditivas es frecuente que los estudiantes extrapolen los resultados de las mezclas de pigmentos; por ejemplo, si se mezcla luz de color rojo, verde y azul existe una gran probabilidad de que el estudiante señale que el resultado de la mezcla es el color marrón y no luz de color blanca (Viennot *et al.*, 2002).

En concordancia con la anterior, la tercera actividad experimental de la propuesta tiene como finalidad que *los niños reconozcan al color como una cualidad de la luz que es*

¹¹ La idea de que la luz blanca puede generarse a través de la suma aditiva de tres colores está orientada por la forma en la que Young concibe que se percibe el mundo. En su texto, *On the theory of compound Colours*, él señala como uno de sus principios para la generación de una triada de colores, que la sensación de los diferentes colores depende de la frecuencia de vibración, excitada por la luz en la retina. Para él, era imposible concebir que cada parte de la retina pudiese vibrar al unísono a cualquier frecuencia, por lo que era necesario suponer tres colores fundamentales capaces de producir ondulaciones de las partículas de la retina que permitiesen la configuración de una percepción extensa de luz de colores. En este sentido, él concibe que el filamento del nervio consistiría de tres partes, cada una de las cuales sería sensible a los tres colores primarios (Young en Millington 2006).

manipulable y modificable a través de la identificación de los colores necesarios para la producción del color blanco, caracterización de las mezclas aditivas y comparación de su experiencia cromática con la mezcla de luces de colores. Para ello, se requieren de tres fuentes de luces de colores rojo, verde y azul, elaborados con tubos de cartón de color negro, una fuente de luz y papel celofán de cada uno de los colores primarios, y una hoja o superficie de color blanco sobre la cual los niños proyecten las mezclas (véase Ilustración 12).

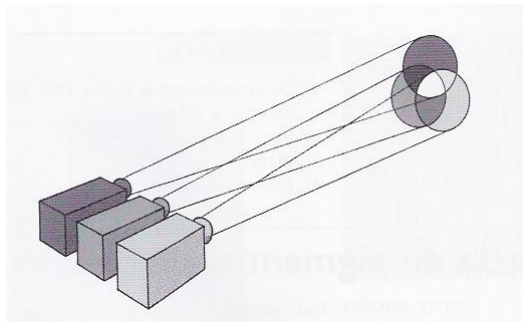


Ilustración 12: Mezcla aditiva tri-cromática. Tomada de: Hewitt, 1999, p.428

4.4.3 Luz como productora de color

Esta actividad, al igual que la anterior, se plantea a la luz de las reflexiones que suscita el tercer experimento, abordado en el capítulo anterior. En este, Newton determina el resultado de las mezclas de rayos de colores de acuerdo con el color del que se torna la hoja de papel cuando los rayos inciden en ella. Este hecho es sumamente importante, puesto que, permite considerar que el color de los cuerpos varía de acuerdo con la luz que inciden en ellos, por este motivo, por ejemplo, la hoja blanca puede percibirse de diferentes colores.

Adicionalmente, el experimento 4 pone de presente el trabajo que Newton hizo al determinar que el color de los cuerpos es una variable que depende del color de la luz a la cual estos se exponen. Por tal razón, trabajó con cristales de color rojo y azul (cinabrio y azul ultra-marino) y los expuso a luces de color rojo y azul, con el objetivo de describir y explicar el cambio del color de estos cristales. De acuerdo con este experimento, Newton determinó que los cuerpos que son iluminados con luz de su color se perciben más intensos, entre tanto, al iluminarse con luz de otro color se perciben del color de la luz a la cual se exponen pero este es más débil y opaco.

Es de resaltar que Newton logró describir y explicar el cambio de color de los cuerpos, no obstante, en lo que respecta a la primera parte del libro de óptica, no determinó las características de esta variación, es decir, bajo qué criterios se modifica el color de los cuerpos según el color de la luz a la cual se exponen. Este aspecto es fundamental en la construcción de la idea de la luz como productora de color.

Al respecto, Newton señala que los cuerpos al ser iluminados con luz de color homogéneo diferente al color del cuerpo, se ven del mismo color, pero este es menos intenso. Sin embargo, desde la práctica que se realizó antes de la puesta en marcha de las actividades con los niños, se ha encontrado que esto no es del todo válido, ya que, la incidencia de la luz en los cuerpos afecta considerablemente la percepción del color de estos.

Así pues, se reconoce que la organización newtoniana del color no determina la forma en la que cambia el color de los cuerpos, por lo tanto, se ha elegido continuar trabajando con los colores primarios que Young propone porque ha permitido comprender que la forma en la que se modifica el color de los cuerpos corresponde a la mezcla de pigmentos y no a la mezcla de luces: si se ilumina un cuerpo de color rojo con luz azul, este se percibe de color morado; si un cuerpo de color blanco se ilumina con luz de cualquiera de los colores primarios, este se observa del mismo color pero menos intenso, tal como cuando se mezclan pintura blanca y verde o blanca y roja, etc.; si el cuerpo de color verde se expone a luz de color verde, este se percibe de un color verde intensificado, tal como Newton lo señaló.

Desde esta perspectiva, la elección de la organización tri-cromática de Young no interfiere con la gran idea que ha sido extraída del trabajo de Newton, a saber, que la luz es productora de color; por el contrario, da fuerza a esa idea y permite su ampliación y cualificación al proporcionar la idea de los tres colores primarios, desde los cuales, niños y niñas pueden determinar patrones del cambio de color de los cuerpos cuando se iluminan con luces de colores primarios, y comparar la variación del color de los cuerpos con su experiencia cromática sustractiva y aditiva.

Por tanto, la última actividad tiene como objetivo general que *los niños establezcan criterios que les permitan determinar la forma en la cual cambia el color de los cuerpos cuando varía el color de la luz con la que estos se iluminan*. Para ello, los estudiantes

requieren de luces de los colores primarios (verde, rojo y azul) y cuerpos de colores rojo, verde azul y blanco; estos últimos se expondrán a las luces de colores y se determinará cuál es color del que la esfera se percibe (véase Ilustración 13).

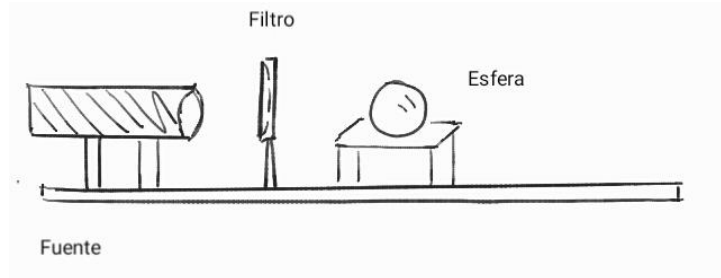
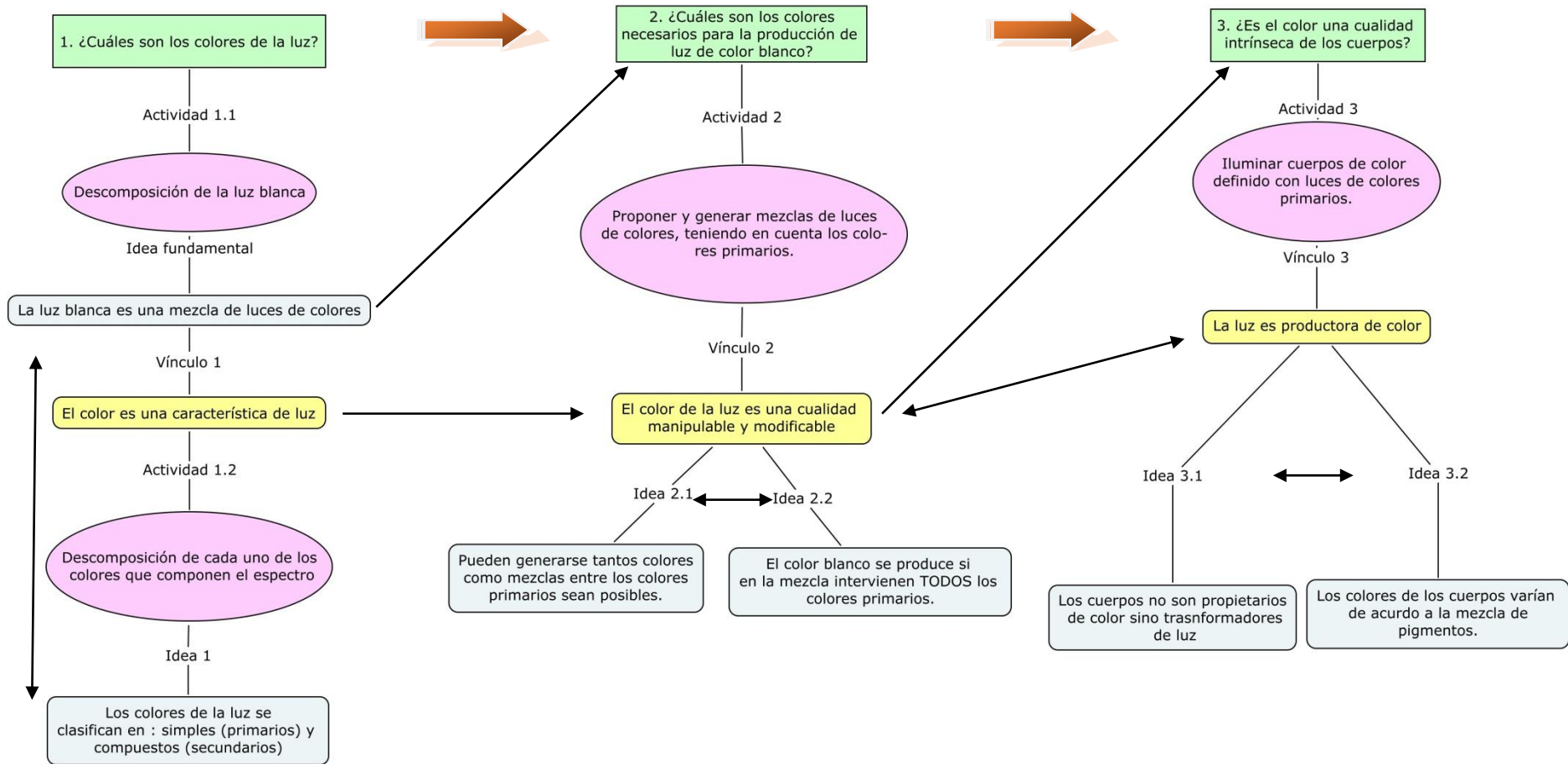
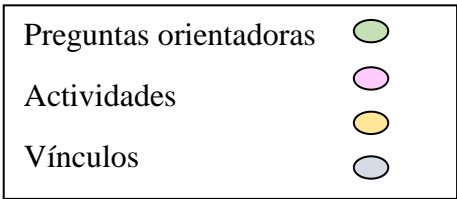


Ilustración 13: El color de los cuerpos depende del color de la luz con que se miren

4.5 Organización final de las actividades experimentales

A continuación, en el Esquema 3 se muestra la organización final de la propuesta, teniendo en cuenta los vínculos entre luz y color que se proponen a partir de la recontextualización de la obra de Newton y la actividad propuesta para la construcción de cada relación.



Esquema 3: Secuenciación de las actividades de la propuesta

5 PUESTA EN MARCHA DE LA PROPUESTA

Este apartado se divide en dos secciones. En la primera, se presentan las características generales de las sesiones en las que tuvo lugar la propuesta. En la segunda, se describe la puesta en marcha de cada una de las actividades experimentales, haciendo énfasis en el trabajo llevado a cabo por los niños, sus dificultades y comprensiones logradas.

Para el desarrollo de las actividades experimentales se necesitaron cinco sesiones, cada una de hora y cuarenta minutos. La primera, segunda y cuarta actividad requirieron de una sesión de trabajo, respectivamente; entre tanto, la tercera actividad demandó para su desarrollo de dos sesiones.

En términos generales, cada sesión se caracterizó por: a) configurar grupos de trabajo entre 3 y 5 personas; b) definir el problema a trabajar; c) disponer los materiales de trabajo, tales como las guías orientadoras y los elementos de los montajes experimentales; d) realizar las actividades experimentales, que se acompañaron de la elaboración de descripciones y síntesis de las observaciones, a través de escritos y dibujos (véase

Anexo 2 y Anexo 3); y e) concluir a partir de la presentación de las ideas desarrolladas en cada uno de los grupos, el diálogo entre los estudiantes y a la docente en formación, quién dinamizó la discusión mediante preguntas orientadoras.

A continuación se presenta una descripción interpretativa de cada una de las sesiones.

5.1 Actividad 1: La luz blanca es una mezcla de luces de colores

En esta sesión, se realizó la primera actividad experimental (véase sección 4.4.1). En ella la pregunta fundamental fue *¿Cuáles son los colores que componen la luz blanca?* Para ello, los niños produjeron el espectro al hacer incidir luz blanca de una fuente del banco de óptica o de la luz del sol en el prisma. Cuando ubicaron de forma adecuada el prisma, identificaron los colores que componían la luz blanca.

En la realización de esta actividad se encontraron dos dificultades de tipo práctico. En la primera, el haz de luz blanca proveniente de la fuente del banco óptico era casi imperceptible, dado que, el salón estaba muy iluminado por la luz del sol; esto, motivó a la mayoría de los grupos a utilizar como fuente la luz del sol. En la segunda, a varios grupos les tomó gran cantidad de tiempo identificar la posición del prisma con respecto a la fuente para que se produjeran los colores prismáticos.

Una vez superadas estas dificultades, los niños establecieron los siguientes hechos de su actividad experimental: 1) La luz blanca se constituye de seis colores: rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta (ver Ilustración 14) –nótese que ellos no identifican el color añil, tal como Newton lo propuso- y 2) El prisma permite conocer la identidad de la luz blanca. Sin prisma no hay espectro.

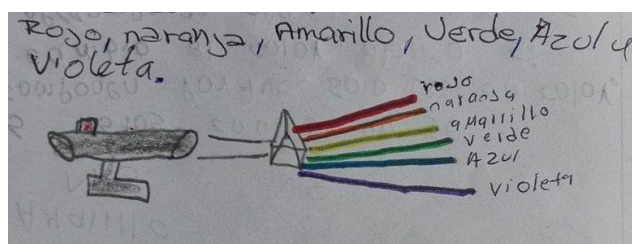


Ilustración 14: Colores que componen la luz blanca según un grupo de estudiantes

De acuerdo con lo anterior, algunos niños propusieron un vínculo entre el papel que desempeñaban las pequeñas gotas en un día soleado para generar el arcoíris y el prisma para producir los colores del arcoíris a “menor escala”. Otros, en consonancia con la idea anterior, señalaban que los colores se producían porque el prisma debía cumplir el

mismo papel que las gotas para generar el arcoíris. Otros estudiantes, reconocieron esta relación e identificaron que la luz blanca – ya sea de la fuente o de la luz del sol – entraba por una cara del prisma y los colores variados salían por otra, por tanto, explicaron que los colores se producían porque el prisma, al igual que las gotas, cambiaba “el camino” por el que viajaba la luz.

En este sentido, se encontró que los niños a través de esta actividad:

- Identificaron que la luz blanca se podía descomponer en seis colores, y no siete, tal como Newton lo plantea en su libro de Óptica.
- Otorgaron un papel fundamental al prisma en sus explicaciones sobre la producción del espectro.
- Generaron explicaciones de tipo descriptivo, en las que describieron la producción del espectro y las condiciones experimentales necesarias para ello, por ejemplo, el prisma, la incidencia de la luz por una cara del prisma y su salida por otra cara, etc.
- Utilizaron su experiencia (¿Cuándo se produce el arcoíris?) para ampliar sus descripciones sobre la producción del espectro.

5.2 Actividad 2: La composición de los colores que componen la luz blanca

Esta actividad experimental corresponde a la planteada en la sección 4.4.1 de la propuesta. En ella la pregunta problema que orientó la actividad fue: *¿Pueden descomponerse los colores que componen la luz blanca?*

Para ello, los niños utilizaron una fuente de luz blanca, que en general fue la luz del sol, y un prisma por el que se hacía pasar este haz. El hecho de elegir la luz del sol como fuente se basó en que el espectro producido era de mayor tamaño y los colores eran más intensos que los generados por la luz blanca proveniente del banco óptico. Entre más grande era el espectro más sencillo resultaba para los niños seleccionar con la rejilla cada uno de los colores que lo componen, y hacer incidir cada color en el segundo prisma, de manera que se determinaba si el color estaba constituido o no de más colores.

En la realización de esta actividad, se encontraron tres dificultades de tipo técnico y una de orden conceptual, que complejizaron la práctica, a saber: 1) El salón estaba muy iluminado por la luz del sol, razón que hacía casi imperceptible el haz de luz blanca proveniente de la fuente del banco óptico; al final, la mayoría de los grupos utilizó como fuente la luz del sol; 2) Aunque se hizo uso de la rejilla o colimador del banco óptico,

fue difícil para los niños seleccionar un haz de luz de color determinado, puesto que, no resultó fácil determinar cuál era el haz de luz más roja, o verde, o azul, etc.; 3) para los niños fue complicado identificar la posición del segundo prisma con respecto a la porción de luz de un color para determinar si se descomponía o no; y 4) en ocasiones, la experiencia cromática de los niños influyó en su determinación de si un color se descomponía o no, dado que, por ejemplo, registraban que el color naranja se descomponía en color rojo y amarillo; aun cuando otros compañeros demostraban experimentalmente que este no se descomponía.

Una vez que se logró realizar la actividad, superando –en algunos casos- las dificultades mencionadas, los niños encontraron los siguientes hechos: 1) La luz blanca se constituye de seis colores: rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta; 2) El prisma permite conocer la identidad de cada color que compone la luz blanca, porque permite identificar si estos se componen de más colores; y 3) los colores que componen la luz blanca no se descomponen en más colores.

Al respecto, algunos estudiantes clasificaron las luces de colores en aquellas que al pasar por el prisma se descomponen o no se descomponen: la luz blanca hace parte del primer grupo; la luz de color rojo, naranja, amarillo, verde, azul y morado, del segundo. Otros niños dieron razón del comportamiento de las luces de colores que componen la luz blanca en términos de lo que no son, es decir, dado que los colores de la luz **NO** son temperas, estas no se descomponen.

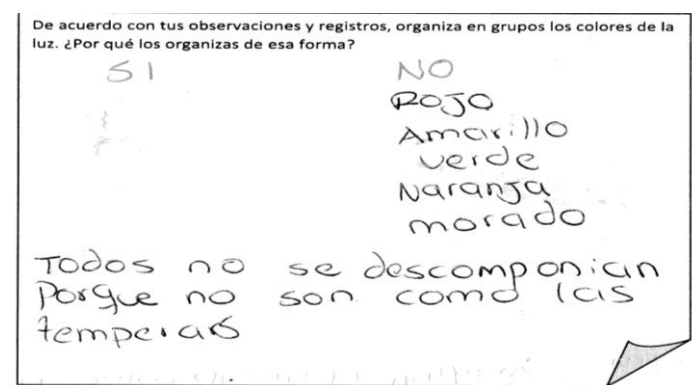


Ilustración 15: Explicación de la organización de luces de colores brindada por un grupo de estudiantes

Por último, en la discusión final, en la que los niños presentaban sus ideas a sus compañeros, se llegó al consenso de que las luces de colores rojo, anaranjado, amarillo

verde, azul y violeta, son los colores necesarios para producir luz de color blanco, pues estas no se descomponen en más colores.

Del desarrollo de la actividad por parte de los niños, se concluye que esta les ha permitido:

- Generar un criterio de clasificación del color de la luz, según esta se descomponga o no en más colores.
- Identificar que existen unos colores fundamentales, que no se descomponen en otros, capaces de producir en su mezcla el color blanco.
- Reflexionar sobre la idea del color, en tanto el conocimiento adquirido a través de su experiencia cromática con pigmentos no se corresponde con la organización del color en la luz.

5.3 Mezcla de luces de colores

Se trabajó la actividad experimental discutida en la sección 4.4.2. Para su desarrollo fueron necesarias dos clases, cada una de 1 hora y 40 minutos. Esta actividad se dividió en dos grandes momentos: en el primero, los estudiantes presentaron sus ideas sobre el color y sus mezclas; en el segundo, determinaron, a través de la práctica, los colores de las luces necesarias para producir los colores amarillo, fucsia, azul claro y blanco.

La pregunta que orientó la actividad fue *¿Cuáles son los colores necesarios para la producción de luz de color blanco?*

Así, en un primer momento, los niños expusieron su organización de la mezcla de temperas; resaltaron el producto de mezclar temperas de colores rojo, azul y amarillo, pues estos son los colores primarios por sustracción. Luego, de acuerdo con su conocimiento, discutieron sobre cuál sería el resultado de mezclar luces de color rojo y azul, rojo y verde, verde y azul y rojo, azul y verde. La totalidad de los niños del curso consideró que al mezclar estos tres colores el resultado sería café, y el resto de las mezclas, por supuesto, se corresponderían con la mezcla de temperas.

Posteriormente, los niños llevaron a cabo la actividad experimental. Para ello, contaban con fuentes de luces de color azul, rojo y verde y una hoja blanca sobre la cual proyectaban las mezclas de las luces. Ellos, a modo de reto, determinaban los colores

necesarios para producir el color amarillo, magenta (fucsia), cian (azul claro) y blanco en la pantalla. Así, llevaron a cabo las mezclas y encontraron que¹²:

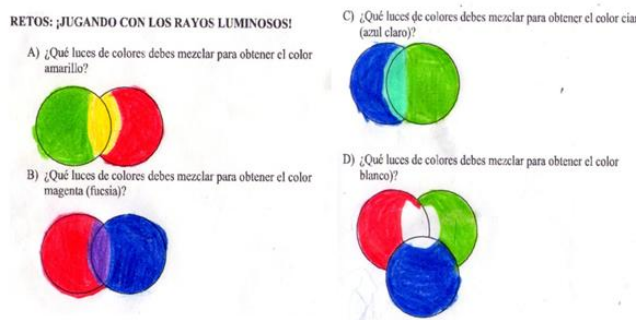


Ilustración 16: Resultado de mezclas de luces de colores

Resulta interesante señalar que la mayor dificultad de los niños en esta actividad fue de orden conceptual. La organización cromática “previa” de algunos niños les hacía dudar de los resultados que obtenían al mezclar luces de colores, pues, de acuerdo con sus palabras “*eso no debería dar así*”. Es decir, el resultado de la mezcla aditiva debía corresponderse con la mezcla de temperas, pues ese era el criterio máximo desde el cual habían configurado su experiencia con el color.

Ahora bien, de acuerdo con los registros gráficos presentados por los grupos, los estudiantes encontraron que: 1) para producir luz de color blanco se requieren luces de colores rojo, azul y verde. 2) La mezcla de luces de color verde y rojo da amarillo. 3) La mezcla de luces de color azul y rojo da fucsia. 4) La mezcla de luces de color verde y azul da azul claro. Al respecto, ellos, sus grupos de trabajo y en la discusión al final de la clase con la docente, señalaron que la producción de luz de color blanco no requiere, necesariamente, de los seis colores del espectro que ellos habían encontrado en la sesión anterior (rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta), sino que, para ello, bastan tres colores: rojo, azul y verde. Además, del trabajo con las luces, los estudiantes organizaron que la mezcla de luces de colores es diferente a la mezcla de temperas, contrario a lo que pensaban.

De acuerdo a esto, se considera que la actividad les ha permitido a los niños:

- Identificar los colores rojo, azul y verde como los necesarios para la producción de luz de color blanco.

¹² En el

Anexo 2, se presentan fotografías de la actividad llevada a cabo por algunos niños.

- Establecer los patrones de la mezcla de luces de colores.
- Determinar los límites de validez de su experiencia cromática sustractiva al compararla con la organización generada a propósito de la mezcla aditiva.
- Ampliar el campo de fenómenos cromáticos, puesto que su organización de las mezclas de pigmentos de colores no se corresponde con la mezcla de luces de colores.

5.4 El color de los cuerpos depende del color de la luz con la que estos se iluminen.

En la quinta y última sesión, se abordó la actividad planteada en la sección 4.4.3. En esta oportunidad los niños se han preocupado por pensar el papel que desempeña la luz en la percepción del color de los cuerpos. Así, la pregunta orientadora de la sesión fue: *¿El color de los cuerpos cambia si estos se iluminan con luces de colores diferentes?*

En un primer momento, se instó a los niños a responder esta pregunta de acuerdo con su experiencia. Al respecto, se configuraron dos respuestas: en una, los estudiantes afirmaban que el color de los cuerpos si podía cambiar, sin embargo no sabían cómo; y en la otra, los niños aseguraban que el color de los cuerpos es algo inmodificable, a menos que se estos se pinten de otro color.

En un segundo momento, los niños predijeron la variación de color de las esferas de acuerdo al color de la luz a la cual estas se exponían, teniendo en cuenta las conclusiones logradas en las sesiones anteriores. De esta manera, consideraron de qué color verían las esferas roja, verde, azul y blanca al iluminarse con luz de color roja, verde y azul. Algunos niños, siguiendo el hilo conductor de su idea anterior, señalaron que los colores cambiaban, sin aventurarse a señalar el patrón de la variación. Otros, propusieron que el color de las esferas no cambiaba y si lo hacía, debía ser de acuerdo a la mezcla de temperas, de manera que, por ejemplo, una esfera roja iluminada con luz azul se vería morada.

En un tercer momento, los estudiantes llevaron a cabo las actividades y registraron sus observaciones. De esto, concluyeron que el color de las esferas si cambiaba y que dicha variación era igual a mezclar temperas.

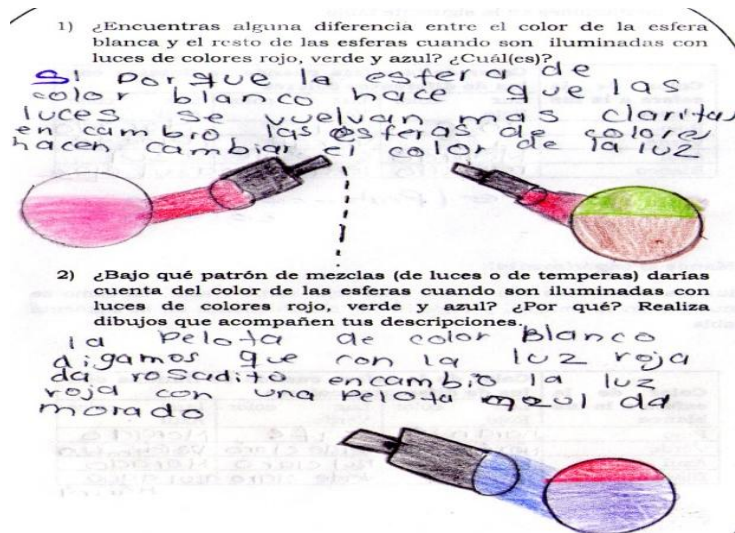


Ilustración 17: Muestra gráfica y escrita de la forma en la que cambia el color de las esferas

Por último, se planteó una actividad de refuerzo, en la que los niños concretaron sus comprensiones sobre el color, al poner en juego la organización cromática aditiva y sustractiva organizada para dar respuesta al siguiente problema: *Una actriz se coloca en una zona del escenario donde se cruzan luz roja y verde* 1) *¿De qué color observamos su camisa blanca con esta iluminación? Realiza dibujos que acompañen tu respuesta;* 2) *¿De qué color observamos su camisa amarilla bajo esta iluminación? Realiza dibujos que acompañen tu respuesta.* (Véase Ilustración 18)

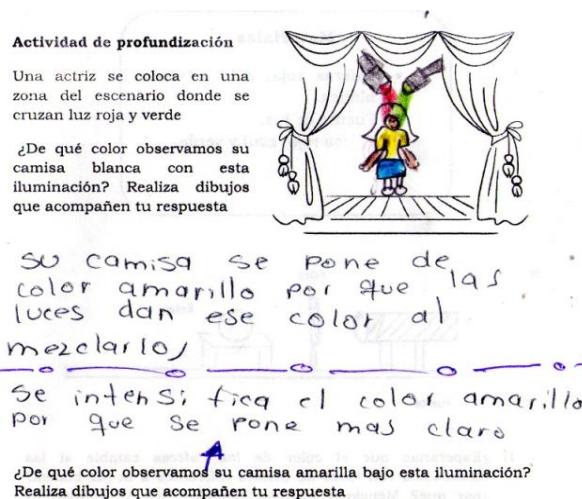


Ilustración 18: Actividad de profundización

En función de la actividad realizada, los niños encontraron que: 1) El color de las esferas varía dependiendo del color de la luz a la cual son expuestas; 2) La esfera de color rojo iluminada con luz azul se ve del mismo color que la esfera de color azul iluminada con luz roja: morada; 3) La esfera de color rojo iluminada con luz verde se ve

del mismo color que la esfera de color verde iluminada con luz roja: café; 4) La esfera de color verde iluminada con luz azul se ve del mismo color que la esfera de color azul iluminada con luz verde: aguamarina; 5) Se intensifican los colores cuando la luz es del mismo color que la esfera; y 6) Cuando la esfera de color blanco es iluminada con luz de diferentes colores, se ve del color de la luz pero más clara.

Dichos “hallazgos” fueron discutidos en los grupos, en donde la mayoría de estos, concluyeron de sus observaciones que el color de las esferas después de iluminarse con luz de un color es el mismo que el resultado de la mezcla temperas y, adicionalmente, señalaron que no importa si el color de la luz y el de la esfera se intercambian, el resultado va a ser el mismo: es decir, la esfera se ve morada si esta es roja y se ilumina con luz azul o si esta es azul y se ilumina con luz roja. Por último, en una pequeña parte de los grupos del curso- dos a decir verdad- los niños discutieron que las esferas no tenían un color “verdadero”, sino que este dependía del color de la luz.

En concordancia con lo anterior, la realización de la actividad experimental ha posibilitado a los niños:

- Determinar que el color de los cuerpos depende del color de la luz a la cual estos se exponen.
- Establecer los patrones de la variación del color de los cuerpos de acuerdo con la luz con la que estos se iluminan.
- Ampliar los límites de validez de la experiencia cromática sustractiva y aditiva en tanto estas organizaciones les permiten dar cuenta de sus observaciones.

6 REFLEXIÓN FINAL

El estudio de la obra de Newton ha permitido configurar una mirada de los fenómenos cromáticos y de la forma en la que estos se construyen. A partir de la recontextualización de la *óptica*, se han comprendido e interpretado las ideas de Newton para la estructuración de tres grandes vínculos entre luz y color: el color como una característica de la luz, el color como una cualidad manipulable y modificable a partir de la mezcla de luces de colores, y la luz como productora de color de los cuerpos naturales, que también nacen del análisis del proceder newtoniano, en el cual el experimento juega *un papel generativo en la construcción* de conocimiento.

Adicional a este aspecto, es importante resaltar que al hablar de recontextualización como una estrategia para la configuración de propuestas de enseñanza, se reconoce que la lectura e interpretación intencionada de los textos de los científicos son recursos para la configuración de sentidos que, adicionalmente, van acompañados de las necesidades de conocimiento del contexto de interpretación y significación de la obra. Es precisamente en este sentido, en el cual los problemas de conocimiento del contexto

educativo definieron los acentos de la obra de Newton en la construcción de vínculos entre luz y color para la ampliación de la experiencia cromática a través de la puesta en marcha de actividades experimentales y no, por ejemplo, en la perspectiva corpuscular de la luz, como muchos otros lo han hecho.

De acuerdo con lo anterior, uno de los criterios de configuración de la propuesta fue reconocer cuál era el estado de conocimiento de los niños y de qué manera este podría ampliarse. Se reconoció, en la práctica, que habitualmente los niños organizan su campo de fenómenos cromáticos de acuerdo con las mezclas sustractivas, esto es, con la mezcla de pigmentos, y no suponen que los colores de la luz y sus mezclas se rijan bajo otros criterios. Por tanto, se consideró que la propuesta pensada en este contexto debía, en primera instancia, reconocer que ya existe un conocimiento alrededor de los fenómenos cromáticos con pigmentos y, en segundo lugar, generar escenarios en los cuales se identifiquen los “nuevos” fenómenos cromáticos, sus condiciones de producción y se comparen con aquellos que ya han sido organizados.

En concordancia con las conclusiones extraídas de la puesta en marcha de las actividades experimentales anteriores, se considera que estas han puesto en juego un nuevo campo de fenómenos cromáticos, en los que la idea de color en la luz no se corresponde de manera directa con la idea de color en los pigmentos. En este sentido, los hechos experimentales de las actividades ponen de presente la necesidad de construir la idea de color como una cualidad de la luz, que se rige bajo criterios diferentes al color de las temperas.

Estas actividades dieron a conocer a los estudiantes que la organización cromática sustractiva no es siempre válida y que, en consecuencia, tiene límites de validez. Razón por la cual la idea de color en la luz debe ser reestructurada, puesto que, la mezcla de luces de colores responde a otros principios. Una vez que este campo fue organizado, permitió ampliar el campo de fenómenos cromáticos de los niños, a la par de posibilitar espacios de reflexión sobre el color de la luz como una cualidad que es manipulable, tanto así, que pueden producirse tantos colores como combinaciones entre los colores primarios sean posibles.

Particularmente, la última actividad fue una práctica de recopilación que permitió al niño configurar una mirada de los fenómenos cromáticos en los que las organizaciones aditiva y sustractiva del color son esenciales en la construcción de explicaciones

descriptivas. Así, se logró hacer de la idea del color como una característica de la luz, cuya mezcla se rige bajo criterios diferentes a la de los pigmentos, un aspecto complementario de la organización de los fenómenos cromáticos del estudiante. Adicionalmente, se posibilitaron espacios de reflexión en los cuales se discutió el papel que desempeña el color de la luz en la percepción del color de los cuerpos. Por tanto, se llegó, aunque sea por parte de un pequeño grupo de estudiantes, a concluir que el color “verdadero” de los cuerpos no puede ser determinado, sino que, más bien, ha de hablarse del color de estos en función de la luz a la cual se exponen: la luz es productora de color.

Para finalizar, se reconoce que la configuración de la propuesta y los alcances de esta se adecuaron a la recontextualización de la obra de Newton y a las necesidades de conocimiento del contexto educativo. Por lo tanto, si este último fuese diferente, podría pensarse la propuesta no solo para la organización y ampliación del campo cromático de los niños, sino también para la construcción de marcos explicativos desde los cuales sea posible dar cuenta del *por qué* de los fenómenos aquí abordados.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala, María Mercedes. (2006). Los análisis histórico-Críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Proposicoes*, 17(49), 19-37.
- Concari, Sonia Beatriz. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Ciência & Educação (Bauru)*, 7(1), 85-94. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132001000100006>
- Darrigol, O. (2012). Mechanical medium theories of the seventeenth century. *A history of optics: from Greek antiquity to the nineteenth century*. (pp.37-77). New York, USA: Oxford University Press.
- Eder, M. y Aduriz-bravo, A. (2008). La Explicación en las Ciencias Naturales y su Enseñanza: Aproximaciones Epistemológica y Didáctica. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 4(2) ,101-133.

- Ferreirós, J. y Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34 (102), 47-86. Recuperada de: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/38442>
- Granés, J. (2001). La explicación mecanicista de los colores de la luz. *La gramática de una controversia científica: el debate alrededor de la teoría de Newton sobre los colores de la luz*. (pp. 1-27). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional De Colombia.
- Granés, J. (2005). La óptica de los Colores. *Isaac Newton. Obra y Contexto: Una Introducción*. (pp.107-149). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional De Colombia.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más Crítico del trabajo de Laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 299-313.
- Koponen, I. y Mäntylä, T. (2006). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education*, 15(31), 31-54. doi: 10.1007/s11191-005-3199-6.
- Newton, Isaac. (1977). *Óptica o Tratado sobre las Reflexiones, Refracciones, Inflexiones y colores de la Luz* (Carlos Solís, introducción, traducción notas e índice analítico). Madrid: Ediciones Alfaguara S.A. (Trabajo original publicado en 1704)
- Orozco, Juan Carlos. (2005). Atajos y Desviaciones. Los estudios Histórico-Críticos y la Enseñanza de las Ciencias. *Memorias Segundo Congreso sobre Formación de Profesores de Ciencias*. Texto elaborado a partir de la revisión de la ponencia presentada en el Congreso, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá D.C.
- Shapiro, Alan. (2006). La Filosofía Experimental de Newton. *Estudios de filosofía*, 35, 111-147. Recuperado de: https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/estudios_de_filosofia/articulo/view/12757/11496
- Solís, C. (1977). Introducción. En I. Newton, & C. Solís (Ed.), *Óptica o Tratado sobre las Reflexiones, Refracciones, Inflexiones y colores de la Luz* (págs. XI-L). Madrid: Alfaguara.
- Viennot, L. (2002). Una tendencia del razonamiento: materializar los elementos de la física. Ejemplos de óptica elemental. En Viennot, L., Chauvet, F. y Kaminski, W. *Razonar en física, la contribución del sentido común*. (pp.33-62).

8 ANEXOS

A continuación se muestran las guías orientadoras trabajadas en la práctica con los niños. Luego, se presentan algunas guías desarrolladas por los niños de acuerdo a las discusiones grupales que se llevaron a cabo. Por último, se presentan algunas fotografías del trabajo que los estudiantes realizaron.

8.1 Anexo 1
PRODUCIENDO COLORES

Materiales:

- Fuente de luz blanca
- Prisma
- Regleta

Ubicaremos la fuente de luz e interceptaremos el camino de la luz blanca con el prisma en el camino hasta que se generen los colores.



De acuerdo con nuestras observaciones y ¿cuáles son los colores que componen la luz blanca? Realiza un dibujo que ayude a tu descripción.

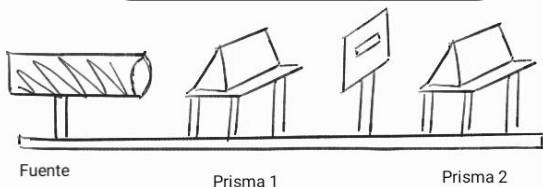
De acuerdo con lo que hemos trabajado ¿por qué se descompone la luz?

GUÍA 2

Una vez que hayamos generado los colores, dejaremos que pase solo un color, tal como se muestra en la imagen. La porción de luz que hemos dejado pasar, la interceptaremos con otro prisma.

Materiales:

- Fuente de luz blanca
- Dos Prismas
- Rejilla (colimador)
- Regleta



En la siguiente tabla organiza los colores de la luz que al pasar por el segundo prisma se descomponen en uno o más colores y aquellos que no.

Colores	Descompone

De acuerdo con tus observaciones y registros, organiza en grupos los colores de la luz. ¿Por qué los organizas de esa forma?

GUÍA 3

RECORDANDO LA MEZCLA DE COLORES

De acuerdo con tus conocimientos ¿cuál es el color que resulta al mezclar los siguientes colores de temperas?

Mezcla de temperas de colores	Resultado
Rojo + azul	
Rojo + amarillo	
Amarillo + azul	
Rojo + azul + amarillo	

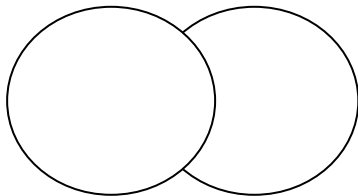
¡REALIZA TU PREDICCIÓN!

De acuerdo con lo que hemos trabajado en las anteriores sesiones ¿cuál es el color que resulta al mezclar las siguientes luces de colores?

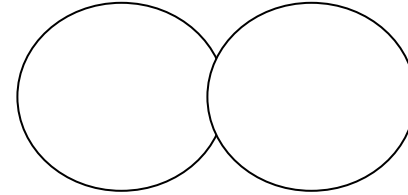
Mezcla de luces de colores	Resultado
Rojo + azul	
Rojo + verde	
verde + azul	
Rojo + azul + verde	

RETOS: ¡JUGANDO CON LOS RAYOS LUMINOSOS!

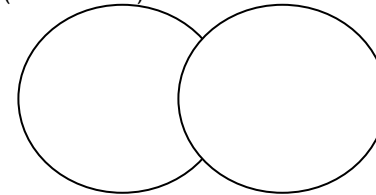
- A) ¿Qué luces de colores debes mezclar para obtener el color amarillo?



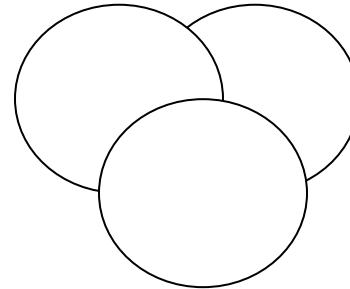
- B) ¿Qué luces de colores debes mezclar para obtener el color magenta (fucsia)?



- C) ¿Qué luces de colores debes mezclar para obtener el color cian (azul claro)?



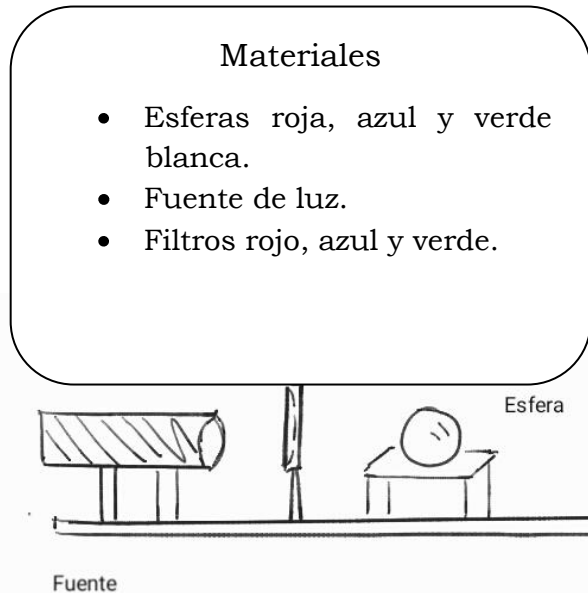
- D) ¿Qué luces de colores debes mezclar para obtener el color blanco)?



¿Obtienes el mismo resultado si mezclas temperas y rayos luminosos?

De acuerdo con las mezclas realizadas ¿es realmente necesario mezclar los rayos luminosos de color rojo, naranja, verde, amarillo, azul y violeta para generar el color blanco? Escribe un párrafo en el que justifiques tu respuesta.

GUÍA 4: ¿CUÁL ES EL COLOR VERDADERO DE LA ESFERA?



1) ¿Esperarías que el color de las esferas cambie si las iluminamos con luces de colores diferentes a la luz blanca? ¿por qué? Menciona algunos ejemplos que justifiquen tu respuesta.

2) ¿De qué color observarías la esfera blanca, roja, verde y azul si la iluminamos con luz roja, verde y azul? Escribe tus predicciones en la siguiente tabla.

Color de la esfera a la luz blanca	Color de la esfera cuando se ilumina con luz de diferentes colores		
	Luz color Rojo	Luz color Verde	Luz color Azul
Rojo			
Verde			
Azul			
Blanco			

¡Manos al experimento!

Ilumina las esferas con luz de color roja, verde y azul, tal como se muestra en la imagen, y registra tus observaciones en la siguiente tabla.

Color de la esfera a la luz blanca	Color de la esfera cuando se ilumina con luz de diferentes colores		
	Luz color Rojo	Luz color Verde	Luz color Azul
Rojo			
Verde			
Azul			
Blanco			

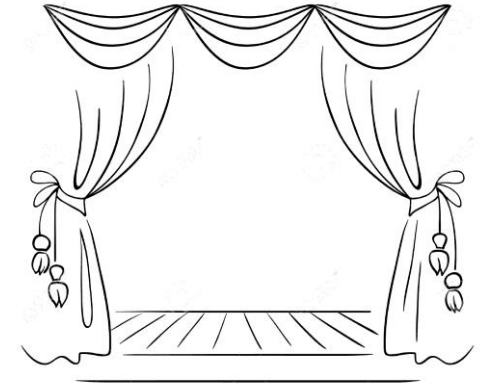
1) ¿Encuentras alguna diferencia entre el color de la esfera blanca y el resto de las esferas cuando son iluminadas con luces de colores rojo, verde y azul? ¿Cuál(es)?

2) ¿Bajo qué patrón de mezclas (de luces o de temperas) darías cuenta del color de las esferas cuando son iluminadas con luces de colores rojo, verde y azul? ¿Por qué? Realiza dibujos que acompañen tus descripciones.

Actividad de profundización

Una actriz se coloca en una zona del escenario donde se cruzan luz roja y verde

¿De qué color observamos su camisa blanca con esta iluminación? Realiza dibujos que acompañen tu respuesta



¿De qué color observamos su camisa amarilla bajo esta iluminación? Realiza dibujos que acompañen tu respuesta

8.2 Anexo 2

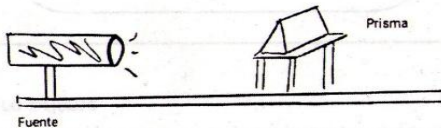
NOMBRES: Edward Zuidiaz Kevin Sanchez y Anderson Ariza
CURSO: 604

PRODUCIENDO COLORES

Materiales:

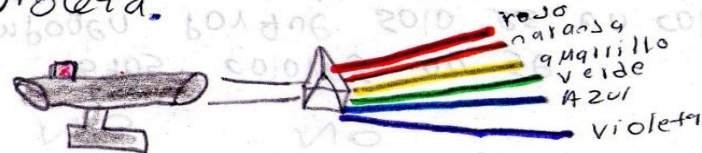
- Fuente de luz blanca
- Prisma
- Regleta

Ubicaremos la fuente de luz e interceptaremos el camino de la luz blanca con el prisma en el camino hasta que se generen los colores.



De acuerdo con nuestras observaciones y ¿cuáles son los colores que componen la luz blanca? Realiza un dibujo que ayude a tu descripción.

- Los colores que se ven son Rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta.



De acuerdo con lo que hemos trabajado ¿por qué se descompone la luz?

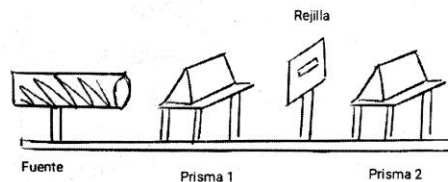
La luz blanca se descompone porque cuando el prisma lo mueva la dirección de la luz cambia y entonces se producen colores variados.

NOMBRES:
CURSO:

Una vez que hayamos generado los colores, dejaremos que pase solo un color, tal como se muestra en la imagen. La porción de luz que hemos dejado pasar, la interceptaremos con otro prisma.

Materiales:

- Fuente de luz blanca
- Dos Prismas
- Rejilla (colimador)
- Regleta



En la siguiente tabla organiza los colores de la luz que al pasar por el segundo prisma se descomponen en uno o más colores y aquellos que no.

Colores	Descompone
ROJO	NO se descompone
NARANJA	NO se descompone
AMARILLO	NO se descompone
VERDE	NO se descompone
MORADO	NO se descompone

De acuerdo con tus observaciones y registros, organiza en grupos los colores de la luz. ¿Por qué los organizas de esa forma?

SI

NO

ROJO
AMARILLO
VERDE
NARANJA
MORADO

Todos no se descomponían porque no son como las temperaturas

NOMBRES: Nathaly mendoza saray alejandra camila corillo

RECORDANDO LA MEZCLA DE COLORES

De acuerdo con tus conocimientos ¿cuál es el color que resulta al mezclar los siguientes colores de temperas?

Mezcla de temperas de colores	Resultado
Rojo + azul	Morado
Rojo + amarillo	Anaranjado
Amarillo + azul	Verde
Rojo + azul + amarillo	(blanco)-cafe

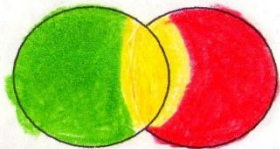
¡REALIZA TU PREDICCIÓN!

De acuerdo con lo que hemos trabajando en las anteriores sesiones ¿cuál es el color que resulta al mezclar las siguientes luces de colores?

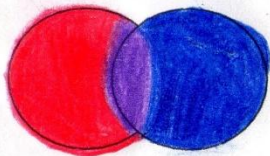
Mezcla de luces de colores	Resultado
Rojo + azul	Morado
Rojo + verde	amarillo (naranja)
verde + azul	azul celeste
Rojo + azul + verde	cafe

RETOS: ¡JUGANDO CON LOS RAYOS LUMINOSOS!

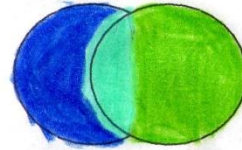
A) ¿Qué luces de colores debes mezclar para obtener el color amarillo?



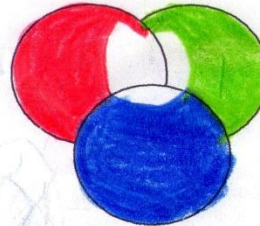
B) ¿Qué luces de colores debes mezclar para obtener el color magenta (fucsia)?



C) ¿Qué luces de colores debes mezclar para obtener el color cian (azul claro)?



D) ¿Qué luces de colores debes mezclar para obtener el color blanco?



¿Obtienes el mismo resultado si mezclas temperas y rayos luminosos?

No nos da el mismo resultado cuando mezclamos los colores y los luzeres.

De acuerdo con las mezclas realizadas ¿es realmente necesario mezclar los rayos luminosos de color rojo, naranja, verde, amarillo, azul y violeta para generar el color blanco? Escribe un párrafo en el que justifiques tu respuesta.

Si es un poco necesaria o si no darían los colores

NOMBRES

Karol Celis Danna Garcia Marcela Montenegro

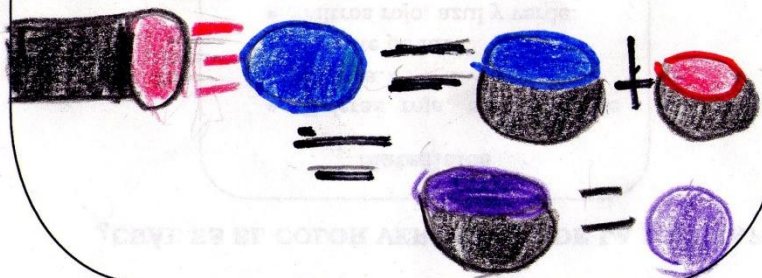
- 1) ¿Encuentras alguna diferencia entre el color de la esfera blanca y el resto de las esferas cuando son iluminadas con luces de colores rojo, verde y azul? ¿Cuál(es)?

La esfera blanca solo aclara los colores mientras que el resto cambia en su totalidad creando otro color



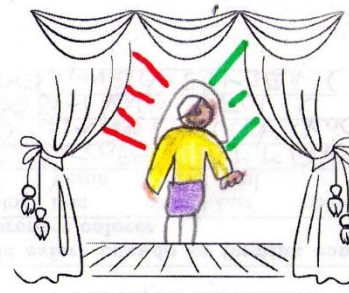
- 2) ¿Bajo qué patrón de mezclas (de luces o de temperas) darías cuenta del color de las esferas cuando son iluminadas con luces de colores rojo, verde y azul? ¿Por qué? Realiza dibujos que acompañen tus descripciones.

Es igual que mezclar temperas pero con luces pero a algunos no todos cambian de color



Actividad de profundización

Una actriz se coloca en una zona del escenario donde se cruzan luz roja y verde



¿De qué color observamos su camisa blanca con esta iluminación? Realiza dibujos que acompañen tu respuesta

La camisa de la Actriz se ve amarilla clara porque la camisa de ella es blanca y las luces de colores verde y roja dan amarillo por que se combinan

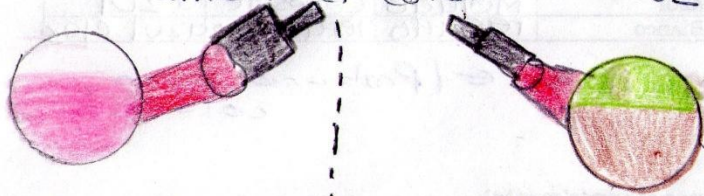
se intensifica el amarillo y se vuelve mas claro - oscuro

¿De qué color observamos su camisa amarilla bajo esta iluminación? Realiza dibujos que acompañen tu respuesta

NOMBRES

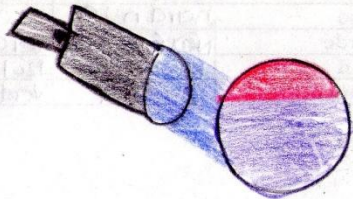
- 1) ¿Encuentras alguna diferencia entre el color de la esfera blanca y el resto de las esferas cuando son iluminadas con luces de colores rojo, verde y azul? ¿Cuál(es)?

Si porque la esfera de color blanco hace que las luces se vuelvan mas claritas en cambio las esferas de colores hacen cambiar el color de la luz



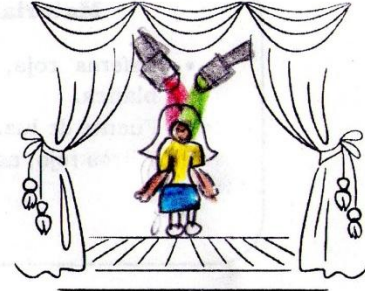
- 2) ¿Bajo qué patrón de mezclas (de luces o de temperas) darías cuenta del color de las esferas cuando son iluminadas con luces de colores rojo, verde y azul? ¿Por qué? Realiza dibujos que acompañen tus descripciones.

la pelota de color blanco digamos que con la luz roja da rosadito en cambio la luz roja con una pelota azul da morado



Actividad de profundización

Una actriz se coloca en una zona del escenario donde se cruzan luz roja y verde



¿De qué color observamos su camisa blanca con esta iluminación? Realiza dibujos que acompañen tu respuesta



su camisa se pone de color amarillo por que las luces dan ese color al mezclarlo

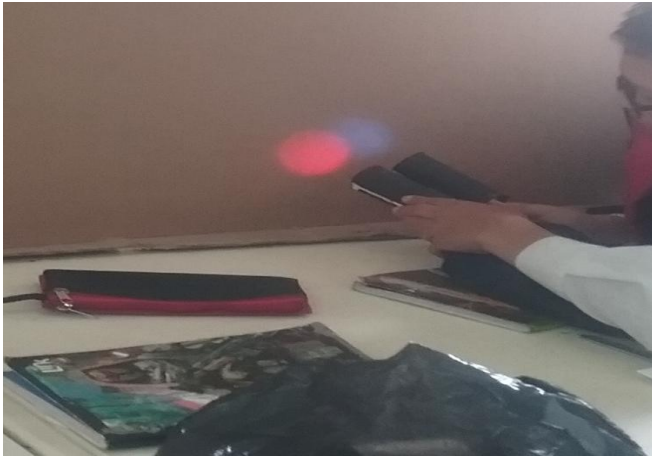
Se intensifica el color amarillo por que se pone mas claro

¿De qué color observamos su camisa amarilla bajo esta iluminación? Realiza dibujos que acompañen tu respuesta

8.3 Anexo 3

Fotografías de las mezclas de luces de colores realizadas en clase:

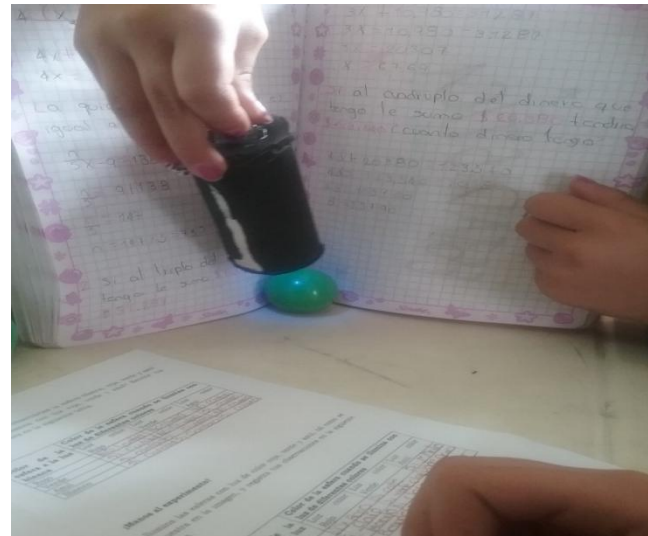
<p data-bbox="510 488 779 520">Rojo +Azul = magenta</p> 	<p data-bbox="1469 488 1697 520">Azul+ verde = cian</p> 
<p data-bbox="510 1310 779 1342">Rojo +Azul = magenta</p>	<p data-bbox="1469 1310 1720 1342">Verde +rojo= amarillo</p>



Rojo+verde+azul = blanco



Esfera verde iluminada con luz de color azul



9 BIBLIOGRAFÍA

Solís, C. (1977). Introducción. En I. Newton, & C. Solís (Ed.), *Óptica o Tratado sobre las Reflexiones, Refracciones, Inflexiones y colores de la Luz* (págs. XI-L). Madrid: Alfabara.