UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Propuesta didáctica encaminada a la descripción de algunos fenómenos de la óptica atmosférica, con niños indígenas amazonenses

Janet Melo Betancourt

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2014

Propuesta didáctica encaminada a la descripción de algunos fenómenos de la óptica atmosférica, con niños indígenas amazonenses

Janet Melo Betancourt

Trabajo Final presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

FREDDY A. MONROY R. Físico, M.Sc., Ph. D

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2014

V°. B°.

Director Trabajo Final

Freddy Alberto Monroy Ramírez

Departamento de Física

Este Trabajo Final se lo dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no flaquear ante los problemas que se presentaban.

A mi padre que a pesar de nuestra distancia física, siempre está conmigo y quien me ha dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño y perseverancia para conseguir mis objetivos. A mi madre y hermanito que siempre me cuidan y guían desde el cielo y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ellos como lo es para mí.

A Jhon Carlos Palomares, quien me brindó, su cariño, su comprensión y su constante apoyo, para que pudiera terminar esta maestría, este triunfo es evidencia de su gran amor. Gracias

Agradecimientos

Al Ph. D Freddy Alberto Monroy, director del Área Curricular de física de la Universidad Nacional de Colombia, por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia profesional en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la finalización de este trabajo.

Un especial agradecimiento a la directora de la Maestría, Clara Helena Sánchez Botero y a la Universidad Nacional sede Leticia y a quienes hicieron posible que cada sábado se realizaran las conexiones necesarias de cada una de las clases.

Finalmente agradezco al director de la escuela “Camilo Torres”, licenciado Héctor Libardo Arango y a los profesores José Martínez, José Antonio Suarez y Ofelia Martínez, quienes me abrieron el espacio para poder realizar las practicas con cada de uno de sus grupos de estudiantes.

Resumen

En todas las culturas se ha pretendido explicar los fenómenos de la naturaleza desde muy diferentes puntos de vista, intentando dar respuestas a varios de los fenómenos naturales que ocurren a nuestro alrededor, como por ejemplo: ¿por qué los atardeceres se ven rojizos?, ¿por qué las nubes se ven blancas? o ¿por qué el cielo se ve azul. Utilizando la Metodología de Aprendizaje Activo *MAA* que usa materiales de fácil consecución y de muy bajo costo, se enseña a los niños de primaria de una escuela indígena del Amazonas, con prácticas sencillas, estos fenómenos de la óptica atmosférica. Para determinar la eficiencia de esta propuesta se diseñó una prueba que fue aplicada como pretest y postest al grupo de niños que participaron en este trabajo. Para la evaluación de estas pruebas se utilizo el factor de ganancia de Hake. Los buenos resultados muestran que la metodología utilizada es muy apropiada para aplicar en este contexto.

Palabras clave: Metodología de Aprendizaje Activo, Óptica atmosférica, Indígenas Amazonenses, Dispersión de la luz.

Abstract

In every culture, we have tried to explain the phenomena of nature from very different points of view, trying to respond to various questions such natural phenomena make arise around us, for instance: Why do sunsets appear reddish? Why do most clouds look white? or Why does the sky looks blue?. By using Active Learning Methodology, which is based on low cost and common materials, these phenomena related to atmospheric optics are taught through simple practices to indigenous children attending the Elementary School in the Colombian Amazon. In order to establish the efficiency of this methodological approach, a test was designed and applied, first as an entry test and

finally, as a posttest to the children participating in the experience. For the evaluation of this test, the Hake gain factor was used. The final good results show that the methodology is appropriate in the context.

Keywords: Active Learning Methodology, atmospheric optics, indigenous Amazonian, light scattering.

Contenido

Pág.

Resumen ..... **IX**

Lista de figuras ..... **XIII**

Lista de tablas ..... **XIV**

Lista de gráficas ..... **XV**

Introducción **1**

1. Revisión histórica y epistemológica de los conceptos de la óptica atmosférica **3**
1.1 La Antigua Grecia 3
1.2 Periodo Helenístico 4
1.3 Edad Media 4
1.4 La Óptica desde la edad Media hasta el siglo XVIII 5
1.5 Siglo XIX hasta hoy 7

2. Revisión conceptual **11**
2.1 Dispersión Rayleigh 11
2.2 Dispersión Mie 14
2.3 Dispersión No Selectiva 15
2.4 Dispersión Raman 16

3. Propuesta didáctica **19**
3.1. Estrategia Metodológica 19
3.2. Diagnóstico 23
3.3. Guías 24
3.4. Resultados y análisis 28

4. Conclusiones y recomendaciones **37**
4.1 Conclusiones 37
4.2 Observaciones y recomendaciones 39

A. Anexo: Prueba diagnóstico (pretest). **41**

B. Anexo: Guía 1 ..... **43**

C. Anexo: Guía 2 ..... **48**

D. Anexo: Guía 3 ..... **55**

E. Anexo: Postest.....63

F. Anexo: Manual de la Práctica (Guía del profesor) 65

Bibliografía.....75

Lista de figuras

Pág.

Figura 1-1: Experimento realizado por Newton.[2] 6
Figura 1-2: Experimento realizado por Young.[5] 8
Figura 2-1: Dispersión Rayleigh 12
Figura 2-2: Dispersión Mie 14
Figura 2-3: Dispersiones y efectos. 15
Figura 2-4: Dispersión No selectiva. 16
Figura 3-1: Escuela Camilo Torres 24
Figura 3-2: Burbujas de jabón transparentes. 25
Figura 3-3: Burbujas de jabón agrupadas. 25
Figura 3-4: Recipiente con esferas de biogel sobre el retroproyector 26
Figura 3-5: Imagen de las esferas de biogel sobre la pantalla. 26
Figura 3-6: Estudiantes realizando la tercera guía 27

Lista de tablas

Pág.

Tabla 2-1: Proceso de Dispersión Atmosférica. 16

Tabla 3-1: Caracterización por etnias de los estudiantes 23

Tabla 3-2: Distribución de niños y niñas por grado 23

Tabla 3-3: Resultados de la prueba diagnóstico (pretest). 28

Tabla 3-4: Resultados del Postest 32

Lista de gráficas

Pág.

Gráfica 3-1: Aumento del aprendizaje con la MAA 20

Gráfica 3-2: Pregunta uno del test 29

Gráfica 3-3: Pregunta dos del test 29

Gráfica 3-4: Pregunta tres del test 30

Gráfica 3-5: Pregunta cuatro del test. 31

Gráfica 3-6: Pregunta cinco del test 32

Gráfica 3-7: Ganancia Hake 34

Introducción

Desde la antigüedad y hasta nuestros días, en todas las culturas se ha pretendido explicar los fenómenos de la naturaleza desde muy diferentes puntos de vista, intentando dar respuestas a varios de los fenómenos naturales que ocurren a nuestro alrededor, como por ejemplo: ¿por qué los atardeceres se ven rojizos?, ¿por qué las nubes se ven blancas? o ¿por qué el cielo se ve azul?. Este tipo de preguntas han causado curiosidad en muchas culturas a través del tiempo.

Las respuestas a estas tres preguntas, culturalmente han tenido muy diversos tipos de interpretaciones desde mitos y leyendas hasta complejas explicaciones científicas. Actualmente estas respuestas se pueden obtener a partir de la descripción de ciertos fenómenos físicos enmarcados dentro de la óptica física tales como la interferencia, la difracción, la polarización y dispersión de la luz; que pueden llegar a tener un grado de complejidad a nivel fenomenológico y/o matemático inaccesible para muchas personas, sin importar la cultura ni la edad, tal que, eventualmente solo pueden estar al alcance de personas especializadas en el tema. Sin embargo al intentar responder estas preguntas a un niño o a cualquier persona no especialista en física, es necesario hacerlo de una manera cierta, clara y entendible; esto implica: conocer a fondo los fenómenos y contar con una metodología adecuada.

Dado el planteamiento anterior la pregunta orientadora es: Partiendo del conocimiento amplio de los fenómenos de la óptica involucrados, ¿qué metodología utilizar para responder estas tres preguntas a un niño de básica primaria?. El objetivo principal de este trabajo consiste justamente en diseñar y construir una propuesta didáctica dirigida a estudiantes de básica primaria, basada en la *Metodología de Aprendizaje Activo* (*MAA)*, que muestre de una manera eficiente y práctica como guiar al estudiante hacia la construcción de los conceptos de óptica física, que les permita explicar la respuesta a estos interrogantes, basándose en el desarrollo de prácticas experimentales realizadas con elementos de fácil consecución y bajo costo.

La ciencia puede desarrollar una amplia gama de habilidades y destrezas intelectuales y motoras, pero esto depende de la forma en que se enseña: la inclusión de las ciencias en la escuela tiene una justificación fundamental para lograr determinados objetivos, propios del ámbito de las ciencias experimentales. Aquí es importante aclarar que no todos los métodos de enseñanza son compatibles con las metas y objetivos fundamentales del aprendizaje de la ciencia; debemos tener muy en cuenta la población a la cual nos referimos en este caso niños de primaria de una escuela indígena; que no tienen un laboratorio, ni instrumentos básicos que se encuentran en un colegio del interior del país.

Las actividades de los alumnos en el Amazonas se reducen principalmente a tomar apuntes y luego estudiar de memoria; de esta manera no aprenderán ciencia. A lo sumo incorporarán algunos conocimientos que olvidarán después. Aquí cobra especial importancia la *Metodología de Aprendizaje Activo* (*MAA)* que se aplico.

Este trabajo consta de cuatro capítulos en donde se muestra la labor realizada a lo largo del año 2013 en la escuela Camilo Torres ubicada en la zona rural de Leticia (Amazonas), con niños indígenas de cuarto y quinto de primaria, también se anexan las pruebas que se realizaron y las guías que se diseñaron.

El primer capítulo contiene una revisión histórica y epistemológica, que cuenta el desarrollo de la óptica desde la antigüedad hasta nuestro siglo. El segundo capítulo muestra un marco conceptual, donde se explica toda la matemática y física que corresponde a la dispersión de la luz. En el tercer capítulo se expone brevemente la Metodología del Aprendizaje Activo y la forma de realizar una Clase Demostrativa Interactiva, se realiza la caracterización del contexto donde se ejecutan las practicas, se da una descripción de la prueba diagnostico realizada, se explican las practicas realizadas y se define el factor Hake que es la herramienta que se utiliza para analizar los resultados obtenidos. Finalmente en el capítulo cuatro se dan las conclusiones y recomendaciones acerca de la propuesta que se aplicó.

1. Revisión histórica y epistemológica de los conceptos de la óptica atmosférica

1.1 La Antigua Grecia

La luz es un fenómeno que intriga a los científicos hace muchos años. Los propios filósofos naturales de la antigua Grecia comenzaron a indagar acerca de la naturaleza de la luz. Pitágoras (580 – 495 a.c.) planteo que la luz emanaba del ojo en forma de rayos luminosos formados por partículas que se propagan en línea recta y chocan con el cuerpo observado, siendo el acto visual el resultado de ese choque. Los griegos afirmaban que la materia se compone de partículas y concebían la luz parte de uno de los cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego). El lado luminoso del calor sería una manifestación de fuego. Esta visión fue dada por Empédocles alrededor del siglo V antes de Cristo. Demócrito (460-370 a.c.) dijo que la luz consiste en un chorro sucesivo de partículas y el color depende de las determinaciones espaciales de los átomos emitidos por los objetos coloreados. A cada color le corresponde una forma, orientación y agrupación de átomos. Lucrecio (99- 55 a.c.) propuso que la luz era una granizada de partículas. Las imágenes se desprendían de los objetos o los objetos las desprendían y se precipitaban al ojo para entrar.

Pero hasta este momento las concepciones adoptadas tenían una visión corpuscular, la propuesta de Aristóteles se puede considerar como precedente de los modelos ondulatorios [1]. La explicación que dio fue similar a la de las vibraciones sonoras, que pueden ser percibidas tanto por el oído como por el tacto según él, un objeto luminoso vibra y de esta forma coloca en vibración un medio indefinido, al que llamo “diáfano”, el cual a su vez provoca movimiento de “humores” que entran en la composición del ojo.

Este modelo no era basado en alguna observación del fenómeno, ya que sería muy difícil para esa época.

A pesar de que estas teorías parecen un poco extrañas e ingenuas, se plantearon prácticamente sin bases científicas, únicamente fundamento filosófico. Y ya desde esta época se derivan las dos principales teorías sobre la luz durante la historia de la humanidad, la teoría de partículas y la teoría de ondas.

1.2 Periodo Helenístico

El primer hallazgo importante surge en Grecia y lo hace Herón de Alejandría (10 a.c.- 75 d.c.), tras experimentar con espejos, descubrió que la luz se mueve en línea recta, lo que llevó a la siguiente ley: el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. Claudio Ptolomeo (100-170 d.c.), realiza un tratado de cinco libros de óptica, el primero está dedicado al estudio de la visión, del segundo no se sabe mucho debido a que no hay copias, el tercero y cuarto hacen un estudio de la formación de imágenes por espejos y el quinto libro está dedicado al estudio de la refracción. Este último libro despertó un gran interés, ya que es allí donde encontramos la primera referencia a los ángulos de incidencia y refracción, y el procedimiento experimental detallado para la determinación de una relación funcional entre estos ángulos.

Desde allí y hasta el siglo XVII, el progreso era lento. Lo que intrigaba a los científicos de la época era si después de todo, la luz era una partícula o una onda.

1.3 Edad Media

En la Edad Media los árabes hicieron algunos estudios sobre la óptica, ya que una de las ramas de la medicina islámica más desarrollada, fue el estudio de las enfermedades de los ojos debido a lo cual se interesaron especialmente por su estructura. Se destaca el físico iraquí Ibn al-Haytham (965-1040), quien realizó trabajos de óptica que fueron publicados en siete volúmenes. Llamado también Alhazen es considerado por muchos estudiosos de la cultura árabe, como el primer físico experimental en la historia. Esto se debe a que utiliza la cámara oscura para estudiar los fenómenos de la luz y probar sus ideas, sobre todo de que son los objetos que emiten luz y no los ojos.

Dietrich von Freiberg (Freiberg Teodorico) (1250-1310 d.c.), en 1304, escribió un libro titulado “De Iride et Radialibus Impressionibus” (sobre el arco iris y las impresiones causadas por los rayos), en el cual presentó la hipótesis de que el arco iris era el resultado de una combinación de la refracción y la reflexión de la luz solar a través de gotitas de lluvia individuales y no en conjunto como pensaba Aristóteles. Con el fin de verificar esta hipótesis, construyó esferas de vidrio cristalinas huecas llenas de agua y las colocaba en el camino de la luz solar. Con esta experiencia, fue capaz de reproducir tanto el arco iris primario como el secundario. Además, mostró que el arco iris secundario tenia invertido el orden de los colores en relación al primario.

En 1267, Roger Bacon en su libro Opus Major ("Obra Mayor"), declaró que un rayo de luz que golpea el ojo "directamente y de forma perpendicular" era una imagen perfecta de gracia, y más aún a través de la visión podríamos ver como la sabiduría divina se manifiesta en el mundo visible. También estaba interesado en la Óptica geométrica, llego a construir lentes y sugiere su uso en representaciones teatrales. Al afirmar que, a través de la lente, el sol, la luna y las estrellas pueden parecer más cerca de nosotros, Bacon se convirtió en el precursor del telescopio y de las gafas. Admitió, también, que la luz necesitaba cierto tiempo para propagarse, es decir, que su velocidad era finita.

1.4 La Óptica desde la edad Media hasta el siglo XVIII

En el siglo XV se destacó Leonardo da Vinci (1452-1519), quien estudió la estructura y el funcionamiento del ojo; además formuló una teoría de la visión, en la que comparaba el ojo a una cámara oscura. Trató de explicar por qué el cielo se ve de color azul. Alrededor del año 1500, señaló que el humo que sale de la quema de madera, cuando es atravesado por la luz solar y visto contra un fondo oscuro, tenía un tono azulado; que más adelante conoceríamos como dispersión.

Contribuciones muy importantes fueron hechas por Isaac Newton (1642-1727). En 1665 llevó a cabo el siguiente experimento; después de haber hecho un agujero en una ventana de la puerta de una habitación oscura (figura 1.1), puso un prisma de vidrio triangular frente a la abertura, de modo que la luz que la atravesaba fuese refractada en la pared opuesta. Observó una imagen dispersa, de rojo en un extremo y violeta en el

otro, con amarillo, verde y azul en la región intermedia. Con el fin de determinar si estos colores eran parte de la luz o se produjeron por la superficie refractante, Newton llevó a cabo un segundo experimento, que calificó de "experimento crucial"; lo que hizo fue hacer que un solo color pasara a través de un segundo prisma, también de vidrio. Una vez hecho esto, se dio cuenta de que el rayo no sufrió ningún cambio y por lo tanto encontró que un prisma no añade nada al haz de luz que pasa a través de él.

Figura 1-1: Experimento realizado por Newton.[2]

También introdujo la teoría corpuscular, que supone "que la luz está formada por partículas materiales", que llamó corpúsculos que son lanzados a gran velocidad por los cuerpos emisores de luz [3]. La dirección de propagación de estas partículas recibe el nombre de rayo luminoso. Hasta este momento se puede decir que Newton aceptó las dos teorías, tanto la corpuscular como la ondulatoria. Según la explicación de él, la dispersión de la luz por un prisma es debida a la excitación de las ondas en el medio por corpúsculos de luz, cada color correspondía a una forma de vibración, siendo el color rojo al que correspondían las vibraciones más largas, mientras que el violeta a las más cortas. Con el tiempo, Newton apoyó la teoría corpuscular, probablemente debido a la

dificultad de explicar la propagación rectilínea de la luz a través de las ondas que se propagan en todas las direcciones.

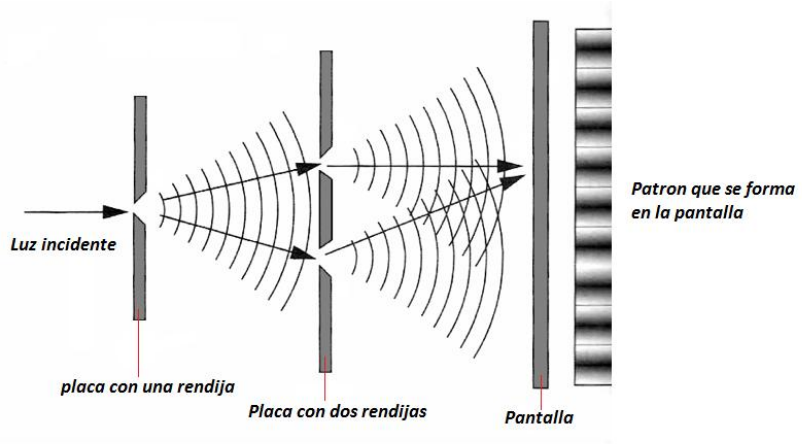
Christian Huygens (1629-1695), contemporáneo de Newton, se inclinó por la naturaleza ondulatoria de la luz. Semejante al sonido, decía, la luz es también una vibración que se propaga utilizando un soporte material que llamó éter. Las leyes de la óptica se explican fácilmente con esta teoría. En contraste con Newton, asume que la velocidad de la luz es inversamente proporcional al índice de refracción de los medios atravesados, siendo mayor en el aire y/o éter que en el agua.

A finales del siglo XVII, ambas teorías (corpuscular y ondulatoria) fueron aceptadas. Durante el siglo XVIII la teoría corpuscular prevaleció, sobre todo debido al gran prestigio científico de Newton para la época. No hubo grandes avances en la óptica de este siglo a excepción de John Dollond (1706-1761) que en 1758, perfecciona el cristal de roca óptico (vidrio Flint) y patenta en Inglaterra la invención del objetivo acromático, permitiendo la fabricación de telescopios refractores muy perfeccionados [4].

1.5 Siglo XIX hasta hoy

Al inicio del siglo XIX tomó fuerza la teoría ondulatoria. El experimento de Young (1773 - 1829) fue la primera comprobación experimental de la teoría ondulatoria de la luz. Lo que hizo Young fue colocar un cuerpo opaco con dos rendijas muy delgadas delante de una fuente de luz y ver qué sucede con la luz en la parte posterior, donde había una pantalla (figura 1.2). Cuando las ondas provenientes de las rendijas llegan a la pantalla, se observa sobre ella un cierto número de bandas brillantes y oscuras, paralelas a las rendijas, o sea, patrón de interferencia.

Figura 1-2: Experimento realizado por Young.[5]



Con este experimento Young demostró con "certeza" que la luz era una onda [5]. Otro hecho que parecía poner fin a la discusión sobre la naturaleza de la luz fue la verificación experimental realizada por Leon Foucault (1819-1868), que muestra que la velocidad de la luz era menor en el agua que en el aire. A partir de ahí, pasó a dominar la teoría ondulatoria, que se ha mejorado gradualmente, culminando con la teoría de las ondas electromagnéticas del físico escocés James Clerk Maxwell (1831-1879) quien propuso que la luz estaba constituida por las llamadas ondas electromagnéticas, y que la luz visible era sólo una pequeña parte (que puede ser vista por nosotros) de un espectro mucho más amplio.

De acuerdo con los más eminentes científicos del siglo XIX, el color y la polarización de la luz celeste constituían los dos más grandes enigmas de la meteorología. Tyndall (1820-1893) un gran divulgador de la óptica de este siglo, fue estimulado para que estudiara estos “enigmas” por una carta de John Hershel en el que este le comunicaba su interés por el tema. Tyndall es conocido por haber investigado la dispersión de luz en fluidos, describiendo el efecto que lleva su nombre, que explica por qué es visible el cielo y por qué se ve un rayo de sol que penetra en una habitación con polvo. La explicación está fundamentada en la dispersión de los rayos de luz por las partículas coloidales de cierto tamaño. En efecto, los rayos del sol son dispersados por las moléculas del aire de la atmósfera; la luz azul, cuya longitud de onda es más corta, se dispersa más que la luz

roja. Mirando al cielo, en dirección opuesta al sol, se observa sólo luz dispersa, y el cielo es más azul [6].

La dispersión de Mie, usa la teoría desarrollada por Gustav Mie y analíticamente resuelve la dispersión magnética de la radiación por esferas homogéneas de varios tamaños e índices de refracción

Actualmente admitimos que la luz tiene una naturaleza dual, corpuscular y ondulatoria. Sólo así podemos explicar todos los fenómenos ópticos, algunos con la teoría ondulatoria y otros con la teoría corpuscular

2. Revisión conceptual

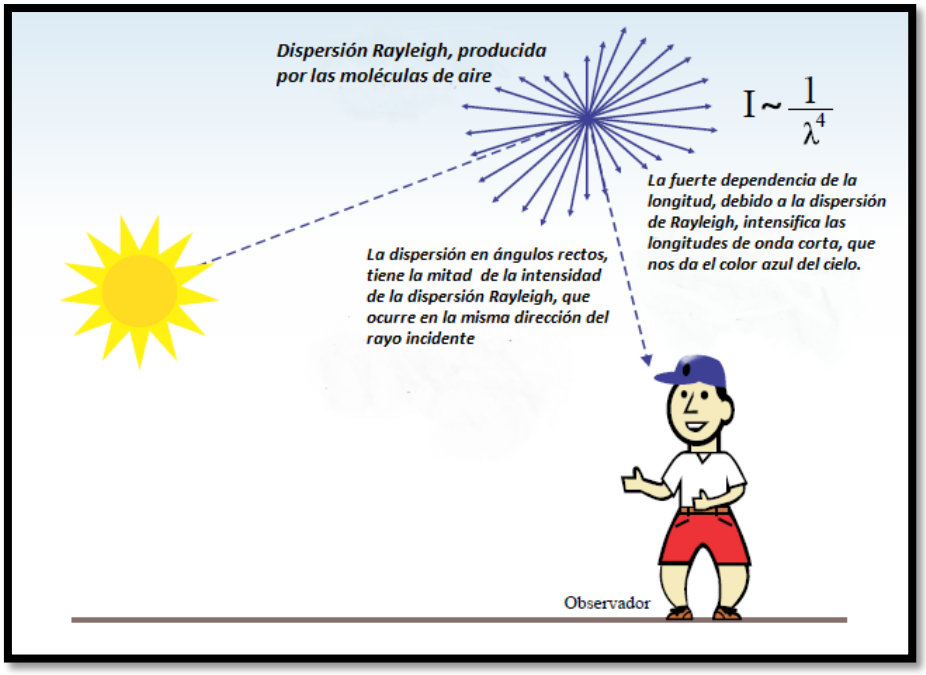
Las diferentes moléculas que forman la atmósfera, así como la humedad, acompañada de partículas de polvo y de ceniza son las responsables de producir en el cielo las múltiples manifestaciones de color [7]. Este fenómeno es conocido como dispersión atmosférica y se conocen cuatro tipos: Rayleigh, Mie, No selectiva y Raman.

2.1 Dispersión Rayleigh

La dispersión de Rayleigh se produce cuando las partículas son muy pequeñas en comparación con la longitud de onda de la radiación (pequeñas partículas de polvo o las moléculas de oxígeno o de nitrógeno). La dispersión de Rayleigh significa que existe una mayor dispersión en longitudes de onda cortas que en longitudes de ondas largas (por lo que el cielo se ve azul). La dispersión de Rayleigh es el mecanismo dominante de la difusión en la atmósfera superior. Al atardecer, la luz del sol debe atravesar una mayor capa de la atmósfera y la dispersión en las pequeñas longitudes de onda es más completa, es decir, las longitudes de onda más corta son totalmente dispersas en la atmosfera superior pasando apenas las longitudes de onda más largas (rojo y naranja), es por esto que vemos los atardeces rojizos.

Rayleigh describió, que cuando la luz es dispersada por las pequeñas moléculas de aire, estas lo hacen de forma selectiva. La intensidad de luz dispersada por ellas es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda. O dicho de otro modo, el aire (limpio) dispersa de forma más eficiente las longitudes de onda azules que las infrarrojas. El resultado es que a un observador en la tierra (Figura 2.1), y fuera de la visión directa del sol, le llega más intensidad del espectro visible en la gama de los azules: el cielo, o mejor dicho, la atmósfera parece de color azul.[8]

Figura 2-1: Dispersión Rayleigh



El color del cielo debería ser violeta por ser esta la longitud de onda más corta, pero no lo es por dos razones fundamentales: porque la luz solar contiene más azul que violeta y porque el ojo humano (que en definitiva es el que capta las imágenes, aunque el cerebro las interprete), es más sensible a la luz azul que al violeta.

La expresión de la ley de Rayleigh es la siguiente:

$$I = I_o \frac{(1+cos^2\theta)}{2R^2}\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^4\left(\frac{n^2-1}{n^2+2}\right)^2\left(\frac{d}{2}\right)^6 \qquad (2.1)$$

En donde: I es la intensidad de la luz dispersada por una pequeña partícula en un haz de luz de longitud de onda λ e intensidad I_o, R es la distancia a la partícula, θ es el ángulo de dispersión, n es el índice de refracción de la partícula y d es el diámetro de la partícula.

Para el caso particular de la luz polarizada se tiene lo siguiente:

$$I = I_o|\sigma(\theta,\phi)|^2\frac{(2\pi)^2}{(\lambda R)^2} \qquad (2.2)$$

$$\sigma(\theta,\phi) = A(\theta)sen(\phi)\hat{e}_{\phi} + B(\theta)cos(\phi)\hat{e}_{\phi} \quad (2.3)$$

Donde ahora, aparte de los símbolos anteriores tenemos el coeficiente de dispersión σ, y los ángulos en coordenadas esféricas θ y Φ. En éstos, los vectores unitarios se definen respecto al plano que contiene al vector de dirección de propagación de la radiación y al vector que contiene la dirección de la polarización de la onda incidente. Aparte tenemos los coeficientes de la matriz de Jones perpendicular A(θ) y paralelo B(θ) al plano de esparcimiento o dispersión.

La distribución angular de la dispersión de Rayleigh, que viene dada por la fórmula $(1+\cos^2\theta)$, es simétrica en el plano perpendicular a la dirección de la luz incidente, por tanto la luz dispersada iguala a la luz incidente. Integrando el área de la esfera que rodea una partícula obtenemos la sección transversal de la dispersión de Rayleigh, σ_s:

$$\sigma_S = \frac{2\pi^5}{3}\frac{d^6}{\lambda^4}\left(\frac{n^2-1}{n^2+2}\right)^2 \quad (2.4)$$

El coeficiente de dispersión de Rayleigh para un grupo de partículas es el número de partículas por unidad de volumen *N* veces la sección transversal. Como en todos los efectos de onda, en la dispersión incoherente las potencias son sumadas aritméticamente, mientras que en la dispersión coherente (como sucede cuando las partículas están muy cerca unas de otras) los campos son sumados aritméticamente y la suma debe ser elevada al cuadrado, para obtener la potencia final [9].

La dispersión de la luz por partículas coloidales o partículas finas en suspensión también se conoce como efecto Tyndall. La luz de longitud de onda mayor es transmitida, en cuanto la luz de longitud de onda menor se refleja. Una analogía es que las ondas electromagnéticas de alta longitud de onda, como las ondas de radio son capaces de pasar a través de las paredes de los edificios, mientras que las ondas electromagnéticas de onda corta tales como ondas de luz son reflejadas por las paredes y frenadas. El efecto Tyndall tiene algunas similitudes con la difusión de Rayleigh, ya que los dos causan dispersión de la luz por partículas muy pequeñas. La difusión de Rayleigh requiere que las partículas sean mucho menores que la longitud de onda de la luz, mientras que las partículas coloidales son más grandes y se aproximan al tamaño de la longitud de onda de la luz. Los resultados del efecto de Tyndall mostraron que la difusión

(por partículas coloidales) es mucho más intensa que la dispersión de Rayleigh (tamaño de partícula inferior). Para obtener la difusión de partículas y poder utilizar la fórmula de Rayleigh, el tamaño de partícula debe ser menor que 40 nm, donde las partículas pueden ser moléculas individuales. El efecto Tyndall se utiliza comercialmente para determinar el tamaño y la densidad de partículas de aerosol y materia coloidal [10]

2.2 Dispersión Mie

No sólo la dispersión de Rayleigh es responsable de los colores que eventualmente vemos en el cielo. Hay otro tipo de difusión llamado dispersión de Mie (Figura 2-2), que también causa cambios de color en nuestra atmósfera. Para que se produzca la dispersión de Rayleigh, la luz debe incidir sobre moléculas y partículas muy pequeñas, de menos de un décimo de la longitud de onda de la radiación incidente. Solo que también existen en suspensión en la atmósfera, partículas mayores de este límite.

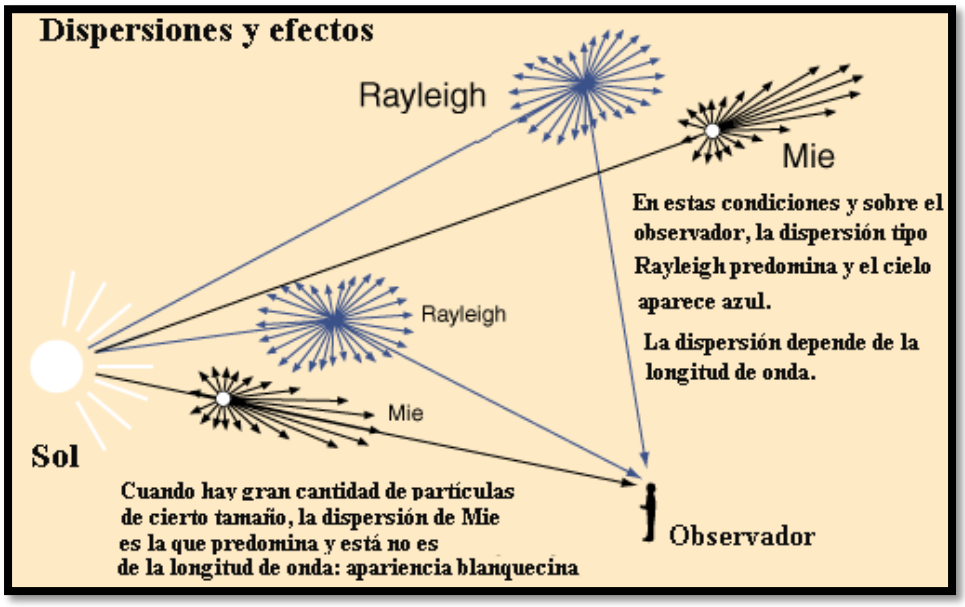
Figura 2-2: Dispersión Mie

La dispersión de Mie se produce cuando las partículas son del mismo tamaño que la longitud de onda de la radiación. Algunos ejemplos son: el polvo, el polen, el humo y el vapor de agua, estos elementos causan la dispersión de Mie, que tiende a afectar a las longitudes de onda más largas que la dispersión de Rayleigh. La dispersión de Mie se produce en las porciones inferiores de la atmósfera donde las partículas más grandes son más abundantes. [11]

La dispersión de Mie no es fuertemente dependiente de la longitud de onda y produce el resplandor, casi blanco, que vemos alrededor del Sol cuando una gran cantidad de

partículas en el aire está presente. Es la dispersión de Mie, la que también nos da la luz blanca de la niebla.

Figura 2-3: Dispersiones y efectos.



Las dispersiones de la luz solar de tipo Rayleigh y Mie coexisten en la atmósfera predominando una sobre la otra y viceversa, según los casos [8].

2.3 Dispersión No Selectiva

Este tipo de dispersión ocurre cuando el tamaño de las partículas que la provocan es mucho más grande que la longitud de onda de la radiación que la sufre. Los causantes de este tipo de dispersión suelen ser grandes partículas de polvo y pequeñas gotas de agua suspendidas en la atmósfera. Se denomina no selectiva porque todas las longitudes de onda se dispersan más o menos por igual. Este fenómeno es el causante de que las nubes y la niebla se aprecien de color blanco, como se muestra en la figura 2.4, ya que la componente roja, la verde y la azul son igualmente afectadas. [12]

El efecto total de la dispersión por partículas grandes, es la suma de las interacciones de la radiación con cada partícula, es decir: la reflexión en la superficie de la partícula sin penetración, el paso de la radiación a través de ella sin reflexiones interiores y la

refracción en sus bordes. Cuando la atmosfera está cargada de polvo, este tipo de dispersión produce una atenuación intensa. [13]

Figura 2-4: Dispersión No selectiva.

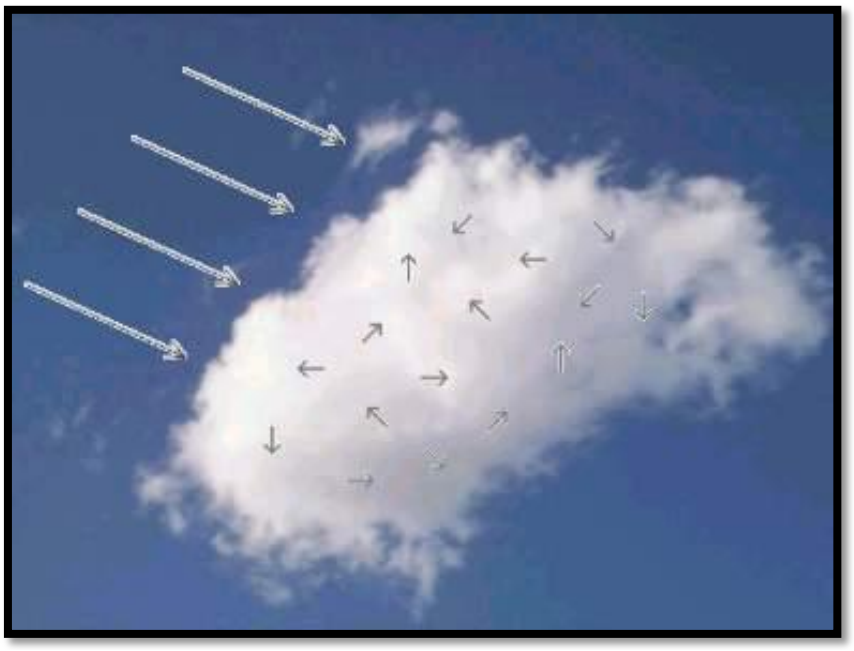


Tabla 2-1: Proceso de Dispersión Atmosférica.

Dispersión	Dependencia de la longitud de onda	Tamaño aproximado	Tipos de partículas
Rayleigh	λ^{-4}	< 1	Moléculas de aire
Mie	λ^{0} a λ^{-4}	0,1 a 10	Humos, vapores, neblina
No selectiva	λ^{0}	>10	Polvo, niebla, nubes

2.4 Dispersión Raman

La dispersión Raman fue descubierta por el físico indio Chandrasekhar Raman y por este trabajo recibió el Premio Nobel de Física en 1930. Raman observo que cuando un haz de luz monocromática incide sobre un conjunto de moléculas, parte de esta radiación es dispersada; la mayor parte de la luz dispersada (aproximadamente 99%) posee la

misma frecuencia que la radiación incidente (dispersión Rayleigh) pero una pequeña parte (al menos del 1%) presenta una variación en su frecuencia. La diferencia entre estas nuevas frecuencias (llamadas rayas o bandas Raman) y la frecuencia de la radiación original es característica de la molécula irradiada y numéricamente igual a algunas frecuencias de vibración y de rotación de la molécula.

La dispersión Rayleigh y la dispersión Raman pueden explicarse de la siguiente manera. En la dispersión Rayleigh, las fuerzas eléctricas y magnéticas que constituyen la luz incidente, inducen un momento dipolar en la molécula, la cual a su vez, irradia luz de la misma frecuencia (dispersión elástica) que la radiación incidente o de excitación, pero en todas las direcciones. La dispersión de Rayleigh acompaña siempre a dispersión Raman.

En la dispersión Raman, parte de la energía de la luz incidente puede excitar a la molécula a un nivel vibracional o rotacional de mayor energía y la radiación emitida (dispersada) por la molécula (llamada línea Stokes) será de frecuencia correspondiente a una energía menor. Por otra parte, puesto que alguna de las moléculas con las que choca la radiación incidente puede encontrarse ya en un estado rotacional o vibracional excitado, la molécula puede aportar esta energía extra al fotón dispersado de forma que la radiación emitida (llamada línea anti-Stokes) tendrá una energía superior a la radiación incidente en una cantidad correspondiente a la transición energética vibracional o rotacional de la molécula. (Puesto que la dispersión Raman implica una variación de energía, el choque entre la molécula y el fotón incidente es inelástico). [14]

3. Propuesta didáctica

3.1. Estrategia Metodológica

Leticia, ubicada al sur del país, aunque es capital del departamento del Amazonas, es una región que se encuentra un poco olvidada por el gobierno central, donde la mayoría de sus habitantes no cuentan aun con los servicios básicos (agua y energía) mucho menos hablar de telefonía, gas o internet. Los establecimientos educativos no tienen una infraestructura como algunos colegios de otras capitales del país (Medellín, Bogotá, Cali, Barranquilla), no hay aulas especializadas para idiomas, artes, biología, química y física. Es por eso que considero que esta propuesta didáctica tiene gran importancia ya que aporta herramientas valiosas para la enseñanza de la óptica, en esas escuelas donde no existen laboratorios ni equipos, para desarrollar practicas que son necesarias para mejorar el aprendizaje de nuestros estudiantes.

Teniendo en cuenta las características de la población (indígena) y del contexto socioeconómico, se diseña y construye esta propuesta didáctica dirigida a estudiantes de básica primaria basada en la Metodología del Aprendizaje Activo *MAA,* que promueve en el estudiante a realizar tareas experimentales con materiales de bajo costo y favorecen el aprendizaje conceptual.

El aprendizaje activo se define generalmente como un método que involucra a los estudiantes en el proceso de aprendizaje, haciendo que los estudiantes piensen y se pregunten acerca de lo que están haciendo, y no sólo se queden escuchando lo que se les está diciendo [15]. La importancia de la participación de los estudiantes, es ampliamente aceptada y existe considerable evidencia para apoyar la efectividad de ésta.

La enseñanza de las ciencias en la mayoría de escuelas de Leticia maneja un modelo pasivo de aprendizaje, donde los estudiantes rara vez interactúan productivamente y donde el estímulo es la nota, no el conocimiento. En este modelo, los estudiantes demuestran su aprendizaje mediante la resolución de problemas estándar, pero a

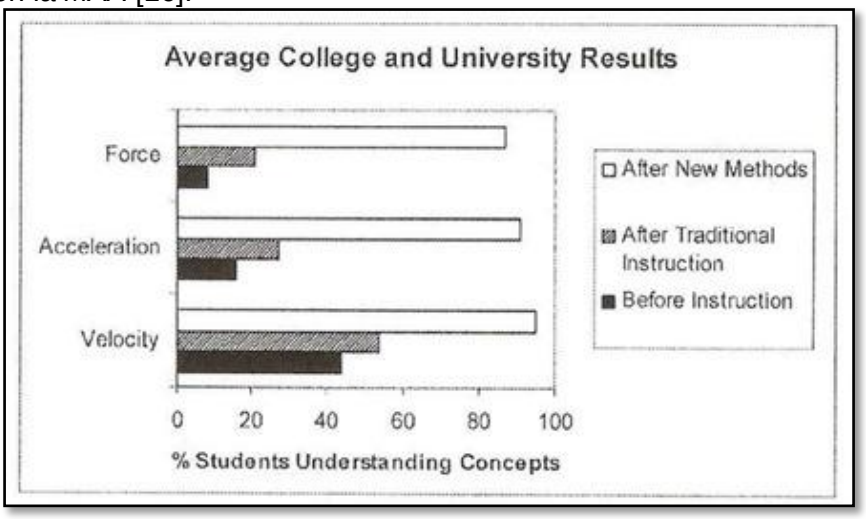
menudo no cambian la manera de entender el mundo que les rodea. En el modelo de aprendizaje pasivo, los estudiantes adoptan las siguientes estrategias:

- Centrarse en la memorización en lugar de entender.
- Estudiar, en la víspera de la evaluación para intentar aprobar.
- Usar para la autoevaluación solamente notas (numéricas), en lugar de reflexionar sobre su progreso.
- Trabajar solo, en lugar de articular ideas con sus compañeros, solidificándolas.
- Trata de adivinar la visión del mundo del maestro, en lugar de crear una propia.
- Aceptar informaciones (incluso sin creer en ellas), en lugar de cuestionar críticamente.

Estas estrategias hacen que los estudiantes piensen que la física es una colección de hechos y conocimientos descontextualizados.

La participación de los estudiantes es uno de los factores más importantes del éxito en el ámbito académico. La investigación realizada por Hake [16] mostró un rendimiento significativamente mejor de los estudiantes que estaban comprometidos con los métodos de aprendizaje activo *MAA*; que los estudiantes que no fueron sometidos a los mismos. Él realizó una prueba con más de 6000 estudiantes en los cursos de física y analizó los datos proporcionados antes y después de la prueba, expuestos en la gráfica 3-1

Gráfica 3-1: Muestra el aumento del aprendizaje de conceptos básicos de física por los alumnos, con la *MAA* [16].



A partir de esta prueba, se puede concluir que los estudiantes obtienen mayor aprendizaje de los conceptos básicos de la física después de la inserción de la *MAA*, y antes de eso, el aprendizaje promedio sólo aumento un poco en relación con sus conocimientos previos a la clase. Esto demuestra que la introducción de actividades donde los estudiantes participen activamente, puede aumentar significativamente el conocimiento sobre los conceptos básicos de la física y el aprendizaje sobre el contenido específico.

La *MAA* sugiere a los docentes estructurar sus clases para promover entornos de colaboración y cooperación. Una buena clase es aquella en la que hace que la mayoría de los estudiantes entren en actividad, haciendo preguntas y respondiendo preguntas, discutiendo los problemas, desafiando conclusiones, entre otros. En lugar de que el profesor sea quien haga preguntas a los estudiantes y recibir como respuesta un silencio; con esta metodología se asigna una tarea los estudiantes y en vez de 30 segundos, disponen de cinco o diez minutos para llegar a un consenso en la respuesta.

La estrategia de enseñanza y aprendizaje denominada Clases Interactivas Demostrativas *CID,* tiene como objetivo que los estudiantes estén activos en las clases.

Dentro de la *MAA* se desarrollan los siguientes pasos:

1. ***Planteamiento de la situación*:** El docente describe una situación a los estudiantes sin mostrar los resultados y plantea algunas predicciones al respecto de la situación para que los estudiantes las respondan por escrito.
2. ***Predicciones individuales*:** Los estudiantes deben registrar su predicción individual en la hoja de predicciones (que la suministra el docente y en la cual se registra todo lo que el estudiante desee con respecto a la práctica, posteriormente se la llevará para su estudio. No será tenida en cuenta para la evaluación). Según el número de predicciones planteadas se debe asignar un tiempo específico para su desarrollo. Se sugiere que el docente se pasee por los puestos de los estudiantes verificando que todos estén escribiendo y que esta actividad sea netamente individual.
3. ***Predicciones de grupo*:** Los estudiantes se reúnen en grupo de 2 o a lo más 3 personas con sus compañeros más cercanos y discuten sus predicciones. Se sugiere que el docente se pasee por entre los grupos, verificando que en cada

grupo todos los integrantes participen activamente y discutan con criterio sus predicciones. Dependiendo del número de predicciones planteadas se debe asignar un tiempo específico para su desarrollo.

4. ***Registro de predicciones de grupo*:** Cada grupo debe registrar por escrito las conclusiones y acuerdos a los que hayan llegado después de la conclusión, con respecto a las respuestas de las predicciones propuestas. Se sugiere al docente verificar que las conclusiones escritas sean las del consenso del grupo y no las de una persona en particular. Dependiendo del número de predicciones planteadas se debe asignar un tiempo específico para su desarrollo.
5. ***Socialización de predicciones*:** El docente obtiene las predicciones más comunes de toda la clase. Para esto él debe tener cuidado en si escribe en el tablero las predicciones de los diferentes grupos o no, porque para algunos estudiantes lo que quede escrito en el tablero será tomado como correcto, sin embargo por ser el consenso de los diferentes grupos, esto no necesariamente es cierto; por esta razón a veces es preferible solo tomarlas en forma verbal. Según el número de predicciones planteadas se debe asignar un tiempo específico para su desarrollo.
6. ***Realización del experimento*:** El docente realiza la demostración mostrando claramente los resultados.
7. ***Descripción y discusión de resultados:*** Se pide a algunos estudiantes que describan los resultados y que los discutan en el contexto de la demostración. Los estudiantes anotan estos resultados en la *Hoja de Resultados* (que es suministrada por el docente), la cual se llevan para estudiar. Se sugiere tener planeado un tiempo específico para el desarrollo de esta actividad.

   En la Hoja de Resultados deben aparecer las mismas preguntas realizadas en la hoja de predicciones de grupo, solo que en pasado y agregarle otras preguntas adicionales para dirigir la discusión posterior, tal que con las respuestas dadas y la discusión dirigida por el docente, se logre el objetivo inicial y se permita la formalización de los conceptos buscados y la profundización en el tema.
8. ***Síntesis y extrapolación de resultados*:** Los estudiantes (o el docente) discuten situaciones físicas análogas con diferentes características superficiales (o sea, diferentes situaciones físicas), pero que responden al mismo concepto físico. Se sugiere tener planeado un tiempo específico para el desarrollo de esta actividad.

Se hace notar que en los pasos 7 y 8 la tarea del docente es hacer que sean los estudiantes los que proporcionen las respuestas deseadas. El docente debe tener previamente una "agenda" bien definida, guiando la discusión hacia los puntos centrales de *CID*.

Debe además evitar "enseñar" a los estudiantes. La discusión debe utilizar los resultados experimentales como la fuente del conocimiento acerca de la demostración planteada. Solo en caso de que los estudiantes no hayan discutido todos los puntos que sean importantes, el profesor puede aportar para llenar lo faltante. [17]

3.2. Diagnóstico

Esta propuesta didáctica comenzó en marzo de 2013, con una caracterización por etnias de los estudiantes de la escuela Camilo Torres (Tabla 3-1), ubicada en la zona rural de Leticia Amazonas.

Tabla 3-1: Caracterización por etnias de los estudiantes

Etnia	**Estudiantes**
Ticuna	51
Huitoto	3
Cocama	10
Mestiza	9
Total	79

Los niños se encuentran en edades de los 9 a los 13 años y actualmente están cursando los grados cuarto y quinto de primaria (tabla 3-2).

Tabla 3-2: Distribución de niños y niñas por grado

Grado	**niños**	**niñas**
401	10	9
402	10	10
501	20	19

Para un total de 79 estudiantes, todos de estrato socioeconómico bajo. La gran mayoría de los padres de familia son analfabetas y no cuentan con un trabajo estable; viven de la pesca y de lo que cultivan en sus chacras (parcelas), por lo cual la institución ofrece una educación gratuita 100%, y un refrigerio y almuerzo diario a todos los estudiantes.

Figura 3-1: Escuela Camilo Torres

La puesta en práctica en el aula, comenzó con una prueba diagnóstico (anexo A) a los estudiantes, que consta de cinco preguntas, donde se quiere saber si los niños han sentido curiosidad alguna vez por cuestiones como ¿por qué los atardeceres se ven rojizos?, ¿por qué las nubes se ven blancas? y ¿por qué el cielo se ve azul?, si alguna vez alguien les ha explicado por qué ocurren estos fenómenos y que explicación dan los estudiantes a estas incógnitas.

La prueba se aplico a 36 niños de grado cuarto y 36 niños de grado quinto, ya que el resto de estudiantes no había asistido a clases ese día. Al analizar los resultados se comenzaron a diseñar las guías que se iban a aplicar.

3.3. Guías

Las guías se diseñaron basándose en los resultados del diagnóstico y teniendo en cuenta el Manual ALOP (Active Learning in Optics and Photonics). La primera de ellas

(anexo B) mostraba por analogía que la dispersión múltiple es responsable del color blanco de las nubes, se utilizaron burbujas de aire en jabón, los niños pueden observar que las burbujas cuando se ven separadas, éstas son transparentes (figura 3-2); pero cuando las burbujas se agrupan, parecen blancas (figura 3-3). Se trabajó con los niños en el mes de septiembre, en la clase de ciencias con ayuda de los directores de grupo de cada curso.

Figura 3-2: Burbujas de jabón transparentes.

Figura 3-3: Burbujas de jabón agrupadas.

En la guía 2 (Anexo C) se coloca un recipiente de vidrio, sobre un retroproyector y dentro del recipiente, varias capas de esferas transparentes; las esferitas de biogel dispersan luz incidente, lo que se evidencia por los destellos que producen. Por lo tanto hay una pequeña cantidad de luz que se transmite, como lo muestra la sombra sobre la pantalla.

Figura 3-4: Recipiente con esferas de biogel sobre el retroproyector

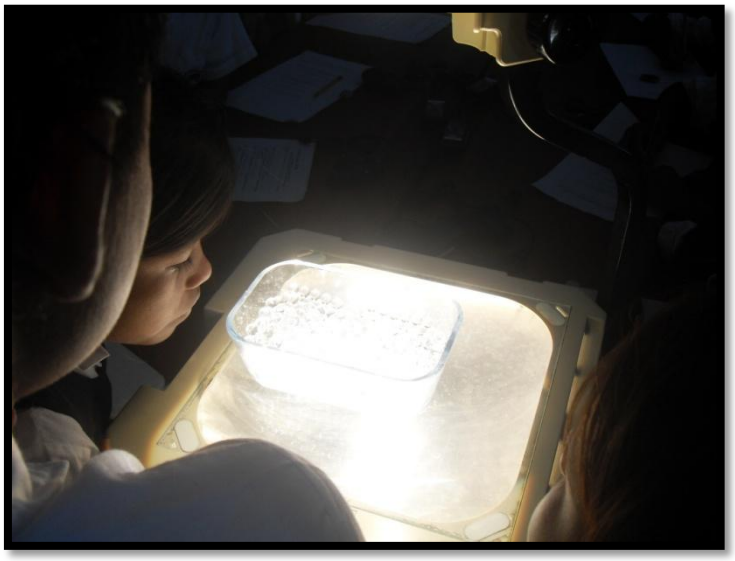


Figura 3-5: Imagen de las esferas de biogel sobre la pantalla.

La tercera guía (anexo D) fue aplicada en el mes noviembre y consiste en hacer una mezcla de agua con unas gotas de leche en un recipiente de vidrio y se hace incidir una fuente de luz intensa (retroproyector); se agita y se pueden observar los cambios en las intensidades de la luz dispersada y transmitida. A medida que se agrega más leche al agua, la luz dispersada parece más brillante y se torna de color blanquecino. El haz transmitido cambia su color de amarillo a naranja y luego a rojo disminuyendo su intensidad a medida que se aumenta la cantidad de leche. Con lo que se puede explicar el por qué del cielo azul y los atardeceres rojizos.

Figura 3-6: Estudiantes realizando la tercera guía

A final del mes de noviembre se aplicó una prueba (anexo E) que denominaremos postest, similar a la diagnóstica para observar el aprendizaje de los estudiantes.

3.4. Resultados y análisis

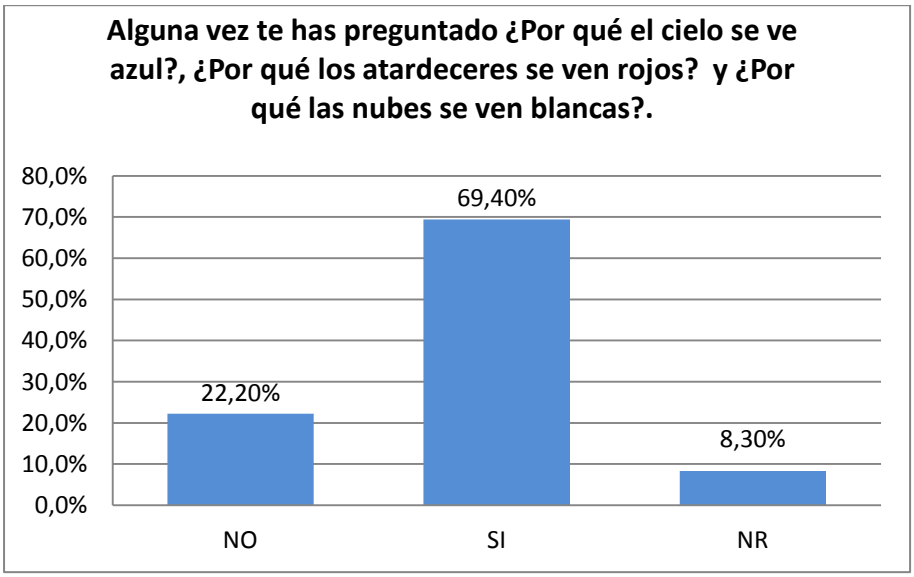
La prueba diagnóstico se aplico a 36 niños de grado cuarto y 36 niños de grado quinto, los resultados obtenidos para esta prueba, se encuentran sintetizados en la tabla 3-3. La pregunta 1 indagaba si alguna vez los niños se habían preguntado ¿por qué los atardeceres se ven rojizos?, ¿por qué las nubes se ven blancas? y ¿por qué el cielo se ve azul?; la pregunta 2 hacía referencia si alguna vez los niños habían recibido explicación a estos fenómenos, por parte de familiares, profesores u otras personas; la pregunta 3 ¿por qué las nubes se ven blancas?, tenía cuatro opciones de respuesta y la explicación correcta era la opción B; la pregunta 4 ¿por qué el cielo se ve azul? tenía como respuesta correcta la opción C y finalmente la pregunta 5 ¿por qué los atardeceres se ven rojizos? cuya respuesta correcta era la opción B.

Tabla 3-3: Resultados de la prueba diagnóstico (pretest) aplicada a un total de 72 niños. Resaltando en verde las respuestas correctas.

Respuestas	PREGUNTAS				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
NO	22.2%	-	-	-	-
SI	69.4%	-	-	-	-
NR	8.3%	1.3%	4,1%	4.1%	4.1%
ANULADA	0%	0%	1.3%	1.3%	4.1%
A	-	37.5%	31.9%	23.6%	9.7%
B	-	20.8%	25%	33.3%	19.4%
C	-	19.4%	36.1%	31.9%	58.3%
D	-	0%	1.3%	5.5%	4.1%
Múltiples opciones		20,7%	0%	0%	0%

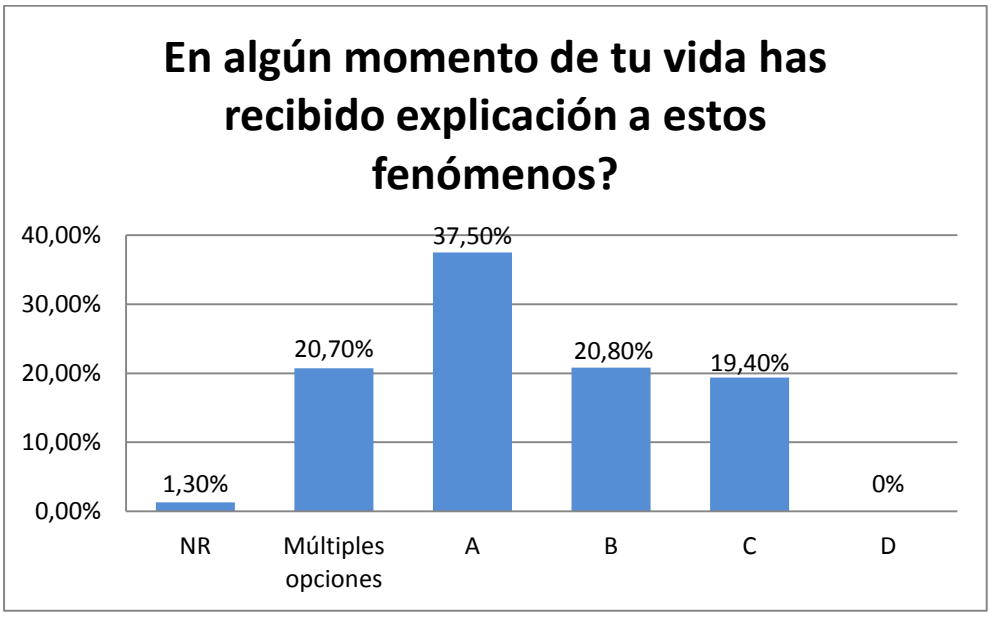
En las siguientes gráficas se muestra el resultado del diagnóstico inicial, pregunta por pregunta.

Gráfica 3-2: Pregunta uno del pretest (NR: No responde)



De acuerdo a los resultados de la grafica 3-2, La mayoría de los niños han sentido curiosidad por los fenómenos atmosféricos que ocurren en su vida cotidiana y han tratado de buscar alguna explicación a ellos.

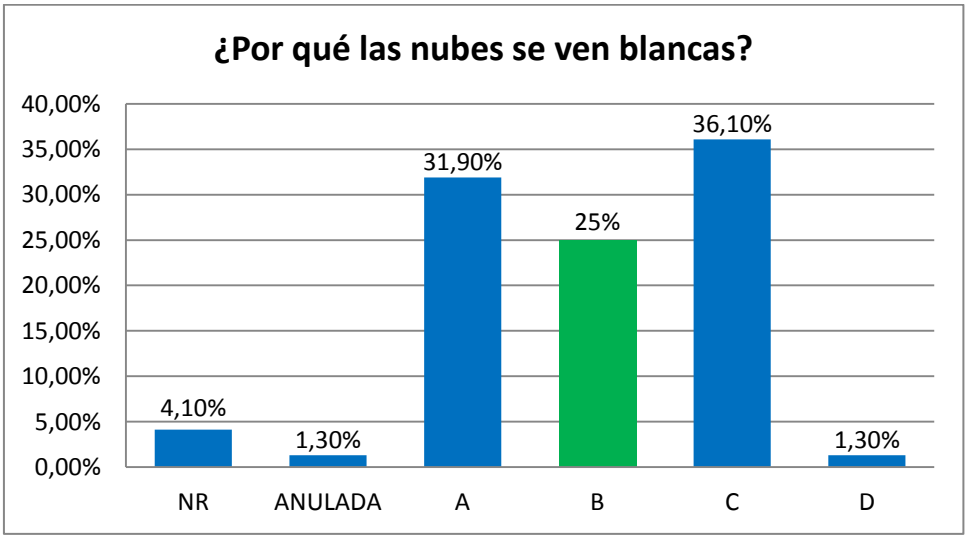
Grafica 3-3: Pregunta dos del pretest.



En la grafica 3-3 cuando se les pregunta a los niños si habían recibido explicación a los fenómenos se les dan varias opciones de respuesta: A. Si por parte de los profesores; B. los familiares; C. Nunca y D. otra; Varios niños marcaron más de una opción y era válido, ya que varias personas pudieron haber contestado a estos interrogantes. Pero lo que nos deja ver estos resultados es que los niños si han tratado de pedir explicación a los fenómenos; un gran porcentaje (79%) ha recibido una explicación ya sea correcta o no a estas preguntas.

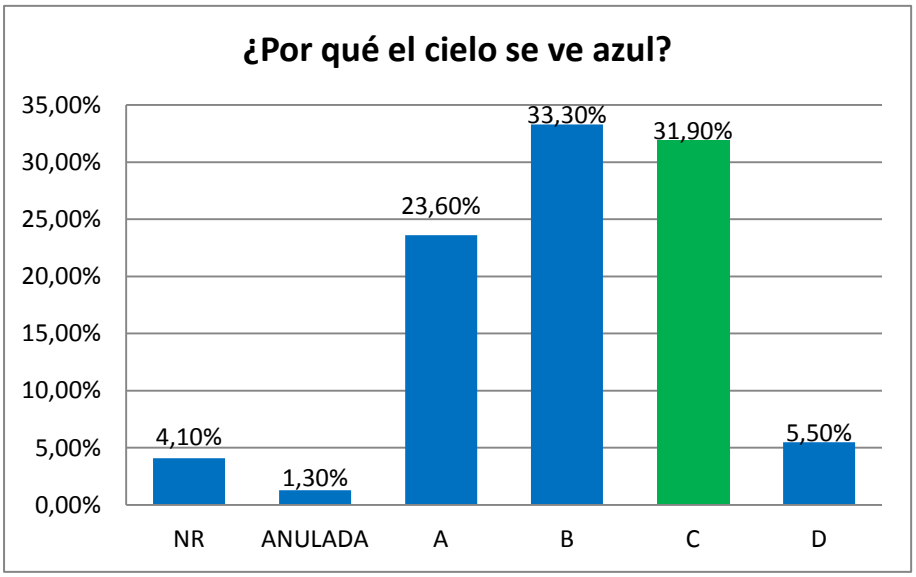
En la grafica 3-4 podemos ver los resultados de la pregunta tres que se le hace a los niños ¿Por qué las nubes se ven blancas?, se dan cuatro opciones de respuesta y la correcta es la B, observamos que los estudiantes se inclinan más por la C, la cual dice que debido al humo de las quemas en la superficie terrestre es que se forman las nubes, aunque vale la pena analizar la respuesta A, ya que varios niños respondieron que esta era la correcta la cual da una explicación más al ciclo del agua. Un pequeño porcentaje marco múltiples opciones, y aclaro que esta pregunta era de opción múltiple con única respuesta, motivo por el cual decidí tomar estos resultados como respuesta anulada.

Grafica 3-4: Pregunta tres del pretest.



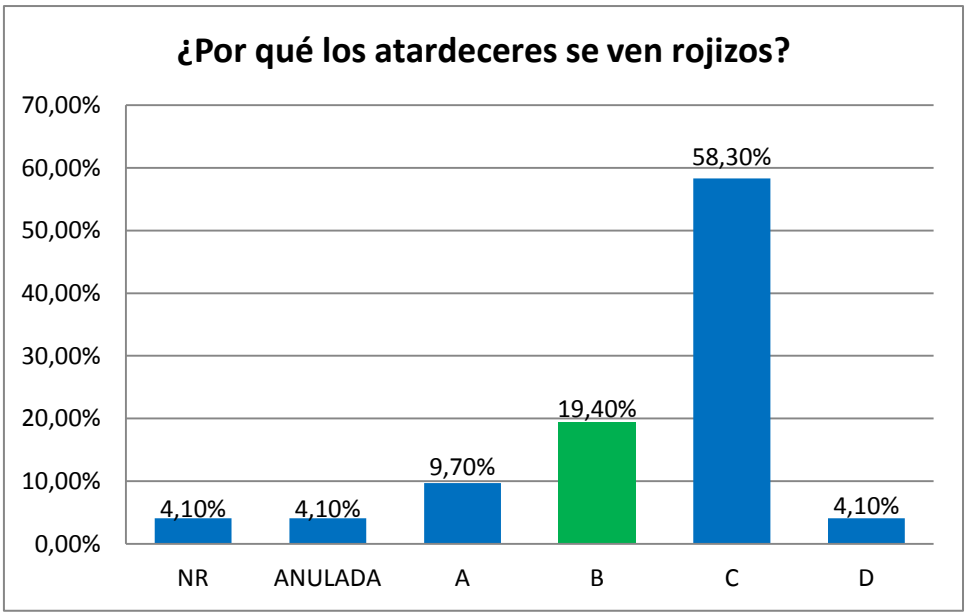
En la grafica 3-5 podemos ver los resultados de la pregunta cuatro ¿Por qué el cielo se ve azul?, se dan cuatro opciones de respuesta y la correcta es la C, un gran porcentaje de los niños acertó, pero la mayoría se inclino por la opción B donde se daba una explicación errónea la cual afirmaba que debido a la combinación de colores entre el espacio y la capa de atmosfera se originaba el color azul del cielo. Esta pregunta era de opción múltiple con única respuesta, motivo por el cual se toma como anulada aquellos que marcaron más de una opción.

Grafica 3-5: Pregunta cuatro del pretest.



La grafica 3-6 nos muestra el resultado a la pregunta cinco ¿Por qué los atardeceres se ven rojizos?, vemos que la gran mayoría de niños optaron por la respuesta C, la cual hacía referencia a la radiación recibida en la zona ecuatorial de nuestro planeta; tan solo un 19,40% acertó con la respuesta correcta que era la B, y tan solo un pequeño porcentaje contesto las otras opciones. Esta pregunta era de opción múltiple con única respuesta, motivo por el cual se toma como anulada aquellos que marcaron más de una opción.

Grafica 3-6: Pregunta cinco del pretest



Después de realizar el trabajo con las guías se aplicó nuevamente una prueba (Postest) a los niños (anexo E) donde se preguntaba a los niños ¿por qué las nubes se ven blancas?, ¿por qué el cielo se ve azul? y ¿por qué los atardeceres se ven rojizos?; los resultados se encuentran sintetizados en la tabla 3-4.

Esta prueba se aplicó con el fin de evaluar el aprendizaje que los niños lograron con la propuesta didáctica utilizada.

Tabla 3-4: Resultados del Postest. Las opciones resaltadas en verde indican las respuestas correctas

Respuestas	**Preguntas**		
	1	**2**	**3**
A	8.33%	5,55%	9,72%
B	62.77%	8,81%	73,88%
C	15.27%	75,27%	10,27%
D	13,61%	10,27%	6,11%

Los resultados que se obtuvieron en la tabla 3-3 y 3-4 serán interpretados en el cálculo de la ganancia de Hake [18], la cual también es conocida como factor Hake. Para realizar este cálculo, debemos tener en cuenta los porcentajes de las respuestas correctas obtenidos en la prueba diagnostico (pretest) y en la prueba final (postest).

El factor Hake se calcula mediante la ecuación 3.1.

$$g = \frac{\%\langle pos\rangle - \%\langle pre\rangle}{100 - \%\langle pre\rangle} \tag{3.1}$$

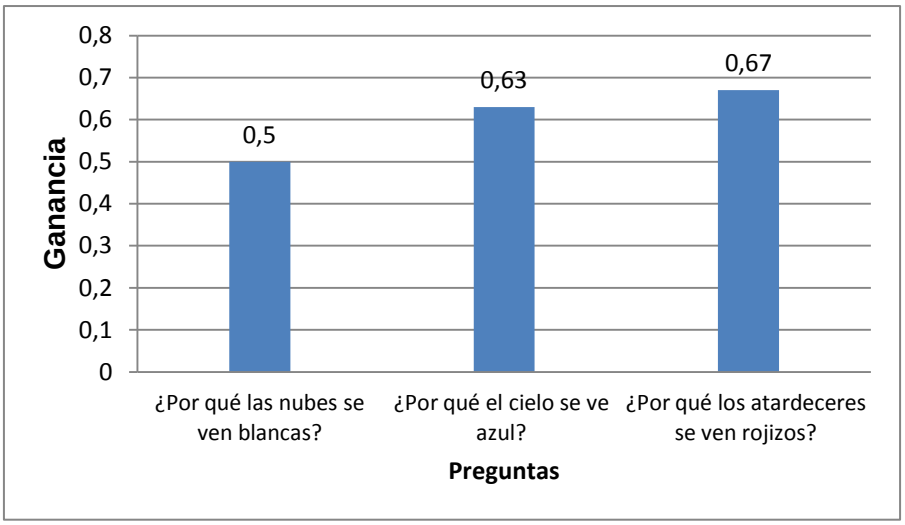
Donde *g*= Ganancia Normalizada de Hake; *%(pre)*= resultados correctos en la prueba *pretest,* antes de utilizar la *MAA* y *%(pos)*=resultados correctos en la prueba *postest*, posterior a la *MAA*.

Este índice permite comparar ambas pruebas con los siguientes criterios: gran ganancia (>0,7), ganancia media (0.7 > g > 0.3) y baja ganancia (< 0.3). La ganancia de Hake nos permite ver la eficacia de la metodología utilizada. La ganancia Hake ideal sería igual a uno (g=1). [18]

Hake clasificó la enseñanza en “tradicional” o en “participación interactiva”, según la metodología usada. Él define la enseñanza con “participación interactiva” como una forma de planear para promover la comprensión conceptual a través de la participación activa de los estudiantes, en actividades donde estén participando sus mentes y sus manos, con retorno inmediato (feedback) a través de discusiones con sus compañeros y con el profesor. [16]

Observamos en la Gráfica 3-7 (página 34) el valor obtenido por la ganancia de Hake, en cada una de las preguntas hechas a los niños teniendo en promedio una ganancia de 0,60 lo que corresponde a ganancia media porque su resultado cae en el rango $0.3 \leq g \leq 0.7$.

Grafica 3-7: Ganancia Hake para las tres preguntas.



Este resultado muestra el progreso de los estudiantes en los conceptos que se querían enseñar.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Después de haber hecho una revisión epistemológica del desarrollo histórico de la naturaleza de la luz (capítulo I), presentar un abordaje teórico (capítulo II) y poner en práctica la propuesta con niños indígenas del Amazonas en la escuela Camilo Torres, se presentan ahora unas consideraciones que se hacen necesarias y con algunas propuestas que se pueden implementar en el futuro:

- Los estándares curriculares presentan sugerencias de contenidos y actividades muy enriquecedoras que se deberían estar poniendo en práctica en las aulas de cualquier escuela del país. Algunas de ellas se encuentran descritas en los EBC[1] del Ministerio de Educación Nacional, p. 132-135, 2006. Sin embargo se observa que por falta de tiempo o preparación de los docentes no se cumplen con estos estándares. De otra parte, los Estándares Básicos de Competencias deben ser contextualizados y deben ser tenidos en cuenta para la aplicación de las guías.

- El mismo texto de EBC, en la pagina 111 dice: *"La compresión de la ciencia es algo que el estudiante hace, no algo que se hace para él". Por eso afirmamos que el aprendizaje necesita de la participación activa de las y los estudiantes en la construcción de sus conocimientos, no siendo suficiente la simple reconstrucción personal de conocimientos previamente elaborados por otros y proporcionados por el maestro o el libro de texto.* Esto hace ver que esta propuesta apunta a lo que el Ministerio de Educación habla, donde los docentes de ciencias debemos motivar más a nuestros estudiantes y dejar de ser tan pasivos.

---

[1] EBC: Estándares Básicos de Competencias.

- Las Clases Interactivas Demostrativas, realizadas con materiales de bajo costo, utilizando las hojas de predicciones individuales y el trabajo colaborativo por grupos, permitió que los estudiantes fueran más dinámicos en la clase y que todos participaran de las actividades.

- Uno de los factores de motivación en la enseñanza de la física es la actividad experimental y en este aspecto esta propuesta obtuvo una excelente ganancia ya que los niños participaron activamente de las prácticas que se realizaron, entendieron fácilmente la estrategia aplicada y se pudo lograr el objetivo propuesto; que los niños construyeran conocimiento realizando las actividades y el papel del profesor solamente fue de guía y orientador en el proceso de aprendizaje.

- La prueba realizada no logró un éxito total (g_p=1), sin embargo el valor de g_p=0,6 logrado, que lo ubica en un nivel medio de resultados, bajo las circunstancias de tiempo, lugar, población y recursos, resulta ser bastante bueno. Algunas de las razones que en alguna medida justifican este resultado son que la gran mayoría de estudiantes son indígenas y cabe recordar que su segunda lengua es el español, ya que su lengua materna es el ticuna y el huitoto; lo que se considera que puede en cierta forma afectar al momento de leer las guías, aunque conté con el apoyo de los directores de grupo de los niños. Otra de las razones es que muchos de los niños participan si hay algún estímulo para llevar a cabo la tarea encomendada por el profesor, por ejemplo una nota, pero en este caso como la autora del presente trabajo no es la docente titular de estos cursos y no se daban calificaciones por las pruebas algunos no contestaban las pruebas completas o no lo hacían con el suficiente interés.

- Según entrevista realizada con dos de los profesores de los niños participantes en este trabajo, dicen que la propuesta les parece interesante y proponen que en jornadas pedagógicas se capacite a todos los docentes de la escuela para ponerla en práctica en el área de ciencias.

- Analizando las situaciones que se tuvieron durante la construcción y aplicación de la propuesta, refuerzan la creencia de que es posible realizar muchas cosas por la educación, en especial por la enseñanza de la física, sin necesidad de tener grandes laboratorios ni equipos; la diferencia siempre va a estar en la actitud e interés que tengamos los docentes al abordar la enseñanza de cualquier tema.

4.2 Observaciones y recomendaciones

Es importante resaltar que las guías utilizadas acá no fueron diseñadas por la autora del presente trabajo, sino que fueron tomadas del manual del *ALOP* [15], por lo tanto no fueron modificadas en respeto a los derechos de autor, pero como resultado del trabajo con los niños indígenas del Amazonas han resultado algunas observaciones a las guías, que puede conllevar la realización de unas nuevas y con adaptaciones a las circunstancias de tiempo, población, recursos y lugar.

De otra parte, un aspecto que debería ser desarrollado es la forma de evaluar, pues las evaluaciones tradicionales son instrumentos muy limitados. Creo que es muy importante proponer una forma eficaz de evaluar que demuestre realmente el aprendizaje de los niños que participen de Clases interactivas demostrativas.

A. Anexo: Prueba diagnóstico (pretest).

PRUEBA DIAGNÓSTICO
ÁREA: CIENCIAS NATURALES

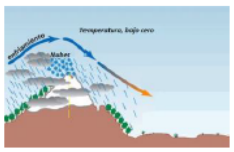
Nombre del estudiante	Curso	Día	Mes	Año

1. **Alguna vez te has preguntado ¿Por qué el cielo se ve azul?, ¿Por qué los atardeceres se ven rojos? y ¿Por qué las nubes se ven blancas?.**

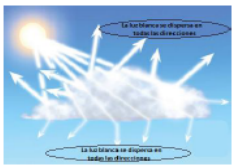
SI NO

2. **En algún momento de tu vida has recibido explicación a estos fenómenos?**
   - A. Si, de parte de mis profesores.
   - B. Si, de un familiar.
   - C. No, nunca.
   - D. Otra.Cual? _____

3. **Porqué las nubes se ven blancas?**



A. Las nubes se forman por condensación del vapor de agua existente en la atmósfera, lo cual da lugar a gotitas que se juntan y como la temperatura a esta altura es muy baja, entonces se forman pequeños copos de nieve que al juntarse hacen que se formen las nubes y se vean de color blanco.

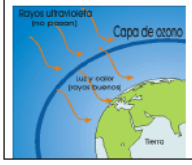


B. Las nubes son blancas porque las gotas que las forman son más grandes y el fenómeno de dispersión es mayor para todos los colores. Siendo así, el efecto se anula y las vemos blancas (como si recibiéramos la luz normal).

C. El humo es la descomposición química de un material en combustión el mismo contiene monóxido de carbono este elemento es menos pesado por eso tiende a elevarse más que el oxigeno. Al elevarse forma las nubes que obviamente son blancas (ya que este es el color del humo).

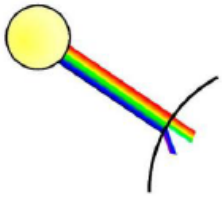
D. Otra.Cual?_____

4. **¿Por qué el cielo se ve azul?**



A. El color azul al cielo se lo da uno de sus componentes, el OZONO, lo cual quiere decir que tenemos una atmósfera que aún nos protege, en los demás planetas que no tienen atmósfera que les proteja no se percibe el bello azul como el de nuestro bello planeta.

B. El espacio exterior es de color negro, a medida que se va acercando a nuestra atmosfera terrestre, va cambiando a azul. Como nuestra atmosfera es blanca, eso hace que nuestro cielo se vea azul claro.

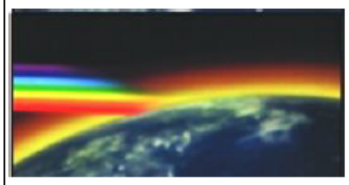


C. En la atmósfera terrestre hay pequeñas partículas. Cuando la luz solar llega a la tierra, estas partículas causan que la luz de algunos colores se desvíe y que la de otros colores siga su curso (como se ve en el dibujo). Entonces la luz que tiene una longitud mayor (roja, naranja, amarilla y verde) viaja sin ser perturbada, mientras que la luz de longitud menor, (azul, añil y violeta) cambia su curso al encontrarse con estas partículas.

D. Otra. Cual?_____

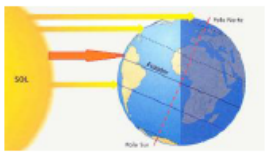
5. ¿Por qué los atardeceres son rojizos?

A. Debido al calentamiento global.



B. Cuando los rayos del sol nos llegan durante el atardecer, estos tienen que recorrer un mayor camino hasta llegar a nosotros. La atmósfera, un conjunto de polvos, partículas e incluso gotas de agua, difunden los rayos de luz. Por ende, las ondas de menor longitud son absorbidas, lo que hacen que solo los rayos rojos, los de mayor longitud, logren llegar hasta nosotros prácticamente sin desviación alguna.

C. Las regiones ecuatoriales (región donde esta ubicada Colombia) se encuentran en el camino más directo de la luz del sol, por lo que tienden a tener climas mucho más cálidos y más suaves durante todo el año que en otros lugares, esto hace que los rayos del sol nos hagan ver unos atardeceres rojos y naranjas.



D. Otra.Cual?_____
_____

B. Anexo: Guía 1

Hoja de Predicciones Individuales:

Entregue esta hoja al final de la clase Nombre_____

CLASES INTERACTIVAS DEMOSTRATIVAS
HOJA DE PREDICCIONES – ABSORCIÓN Y MÚLTIPLE DISPERSIÓN

Indicaciones: Esta hoja será recolectada. Escriba su nombre en la parte superior para registrar su presencia y participación en estas demostraciones. Siga las indicaciones de su profesor. Puede escribir todo lo que desee en la Hoja de Resultados adjunta y llevarla para su estudio posterior.

Materiales : - Agua - Detergente	
Planteamiento 1: Suponga que forma pompas de jabón con detergente. Compare el color de una burbuja con el color de un grupo de muchísimas burbujas.	**Una sola Burbuja** **Muchísimas burbujas**

1. ¿Cómo se ve una burbuja de jabón?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

2. ¿Cómo se ve el grupo de burbujas de jabón?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Hoja de Predicciones grupal:

Entregue esta hoja al final de la clase Nombres_____

CLASES INTERACTIVAS DEMOSTRATIVAS
HOJA DE PREDICCIONES GRUPAL – ABSORCIÓN Y MÚLTIPLE DISPERSIÓN

Indicaciones: Esta hoja será recolectada. Escriba su nombre en la parte superior para registrar su presencia y participación en estas demostraciones. Siga las indicaciones de su profesor. Puede escribir todo lo que desee en la Hoja de Resultados adjunta y llevarla para su estudio posterior.

Materiales :
- Agua
- Detergente

Planteamiento 1: Suponga que forma pompas de jabón con detergente. Compare el color de una burbuja con el color de un grupo de muchísimas burbujas.

Una sola Burbuja **Muchísimas burbujas**

1. ¿Cómo se ve una burbuja de jabón?

_____
_____
_____
_____
_____
_____

2. ¿Cómo se ve el grupo de burbujas de jabón?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Hoja de Resultados:

Nombre_____

CLASES INTERACTIVAS DEMOSTRATIVAS
HOJA DE RESULTADOS – ABSORCIÓN Y MÚLTIPLE DISPERSIÓN

Indicaciones: Puede escribir todo lo que desee en la Hoja de Resultados y llevarla para su estudio posterior.

1. ¿Cómo se vio una sola burbuja de jabón?
   _____
   _____
   _____
   _____

2. ¿Cómo se vieron el grupo de burbujas de jabón?
   _____
   _____
   _____
   _____

3. ¿Por qué una sola pompa se ve transparente pero un delgado grupo parece blanco?
   _____
   _____
   _____
   _____

4. ¿Puede Usted relacionar este conjunto de demostraciones con el color blanco (y a veces oscuro) de las nubes? ¿O con el color de la espuma que se forma cuando las olas rompen en la playa?
   _____
   _____
   _____
   _____
   _____

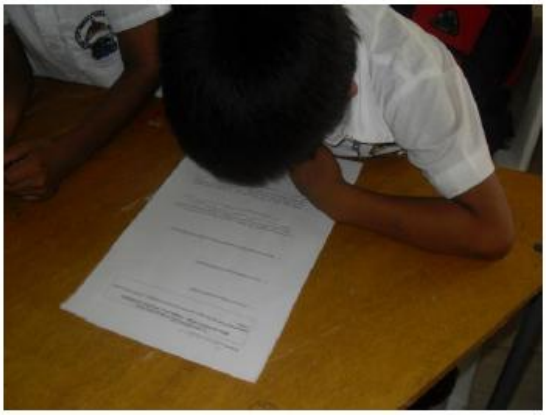
5. ¿Puede Usted explicar por qué, aún en días claros, las montañas distantes aparecen brumosas? Pista: Qué hay entre las montañas y el observador? ¿Qué ocurre con la luz que viaja desde las montañas hacia sus ojos?
   _____
   _____
   _____
   _____
   _____

Guías extraídas de: Active Learning in Optics and Photonics, Training manual. Sokoloff, D., y otros. Segunda edición. UNESCO (2009)

Imágenes de la practica 1

Niños realizando las prácticas:

Realizando las predicciones individuales y en grupos:



C. Anexo: Guía 2

Hoja de predicciones individual:

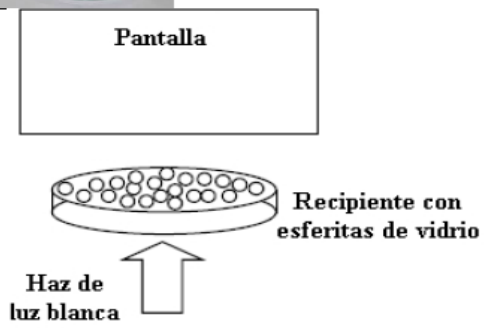
Entregue esta hoja al final de la clase Nombre_____

CLASES INTERACTIVAS DEMOSTRATIVAS
HOJA DE PREDICCIONES INDIVIDUAL– ABSORCIÓN Y MÚLTIPLE DISPERSIÓN

Indicaciones: Esta hoja será recolectada. Escriba su nombre en la parte superior para registrar su presencia y participación en estas demostraciones. Siga las indicaciones de su profesor. Puede escribir todo lo que desee en la Hoja de Resultados adjunta y llevarla para su estudio posterior.

Materiales :
- Esferas transparentes
- 1 retroproyector de acetatos (o fuente de iluminación blanca intensa)
- 1 recipiente transparente de fondo plano.

Planteamiento 1: Se colocan unas pocas esferas pequeñas transparentes en el recipiente de vidrio. Una fuente de luz blanca ilumina el recipiente desde abajo hacia arriba y se coloca encima una pantalla blanca.
Describa lo que vería en pantalla. Ilustre sus predicciones usando lápices de colores.



Predicciones Individuales: (tiempo aproximado 10 min.)

1. ¿Cómo crees que se van a ver las esferas cuando se observen desde los costados del recipiente?
2. ¿Cómo crees que se van a ver las esferas cuando se observen desde arriba del recipiente?
3. ¿Cómo crees que se van a ver las esferas proyectadas en la pantalla?

Planteamiento 2: Se adicionan más esferas pequeñas transparentes encima de las anteriores. Una fuente de luz blanca ilumina el recipiente desde abajo hacia arriba y se coloca encima una pantalla blanca.
Describa lo que vería en pantalla. Ilustre sus predicciones usando lápices de colores.

Predicciones Individuales: (tiempo aproximado 10 min.)

1. ¿Cómo crees que se van a ver las esferas cuando se observen desde los costados del recipiente?
2. ¿Cómo crees que se van a ver las esferas cuando se observen desde arriba del recipiente?
3. ¿Cómo crees que se van a ver las esferas proyectadas en la pantalla?

Planteamiento 3: Se colocan más esferas pequeñas transparentes en el recipiente de vidrio hasta llenarlo. Una fuente de luz blanca ilumina el recipiente desde abajo hacia arriba y se coloca encima una pantalla blanca.
Describa lo que vería en pantalla. Ilustre sus predicciones usando lápices de colores.

Predicciones Individuales: (tiempo aproximado 10 min.)

1. ¿Cómo crees que se van a ver las esferas cuando se observen desde los costados del recipiente?
2. ¿Cómo crees que se van a ver las esferas cuando se observen desde arriba del recipiente?
3. ¿Cómo crees que se van a ver las esferas proyectadas en la pantalla?

Hoja de predicciones grupales:

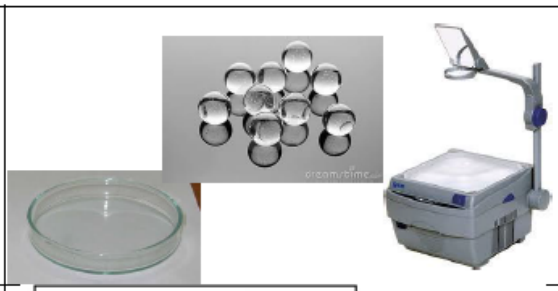
Nombres_____

CLASES INTERACTIVAS DEMOSTRATIVAS
HOJA DE PREDICCIONES GRUPAL– ABSORCIÓN Y MÚLTIPLE DISPERSIÓN

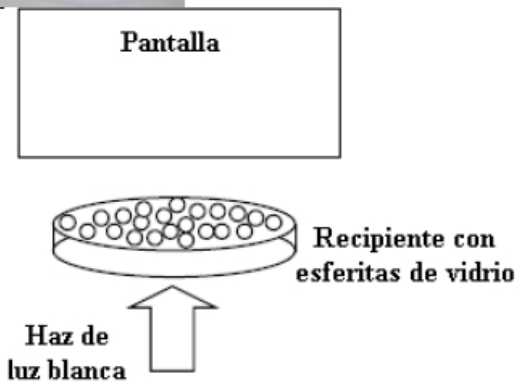
Indicaciones: Esta hoja será recolectada. Escriba su nombre en la parte superior para registrar su presencia y participación en estas demostraciones. Siga las indicaciones de su profesor. Puede escribir todo lo que desee en la Hoja de Resultados adjunta y llevarla para su estudio posterior.

Materiales :

- Esferas transparentes
- 1 retroproyector de acetatos (o fuente de iluminación blanca intensa)
- 1 recipiente transparente de fondo plano.



Planteamiento 1: Se colocan unas pocas esferas pequeñas transparentes en el recipiente de vidrio. Una fuente de luz blanca ilumina el recipiente desde abajo hacia arriba y se coloca encima una pantalla blanca.
Describa lo que vería en pantalla. Ilustre sus predicciones usando lápices de colores.



Predicciones Grupales: (tiempo aproximado 10 min.)

1. ¿Cómo creen que se van a ver las esferas cuando se observen desde los costados del recipiente?
2. ¿Cómo creen que se van a ver las esferas cuando se observen desde arriba del recipiente?
3. ¿Cómo creen que se van a ver las esferas proyectadas en la pantalla?

Planteamiento 2: Se adicionan más esferas pequeñas transparentes encima de las anteriores. Una fuente de luz blanca ilumina el recipiente desde abajo hacia arriba y se coloca encima una pantalla blanca.
Describa lo que vería en pantalla. Ilustre sus predicciones usando lápices de colores.

Predicciones Grupales: (tiempo aproximado 10 min.)

1. ¿Cómo creen que se van a ver las esferas cuando se observen desde los costados del recipiente?
2. ¿Cómo creen que se van a ver las esferas cuando se observen desde arriba del recipiente?
3. ¿Cómo creen que se van a ver las esferas proyectadas en la pantalla?

Planteamiento 3: Se colocan más esferas pequeñas transparentes en el recipiente de vidrio hasta llenarlo. Una fuente de luz blanca ilumina el recipiente desde abajo hacia arriba y se coloca encima una pantalla blanca.
Describa lo que vería en pantalla. Ilustre sus predicciones usando lápices de colores.

Predicciones Grupales: (tiempo aproximado 10 min.)

1. ¿Cómo creen que se van a ver las esferas cuando se observen desde los costados del recipiente?
2. ¿Cómo creen que se van a ver las esferas cuando se observen desde arriba del recipiente?
3. ¿Cómo creen que se van a ver las esferas proyectadas en la pantalla?

Hoja de resultados:

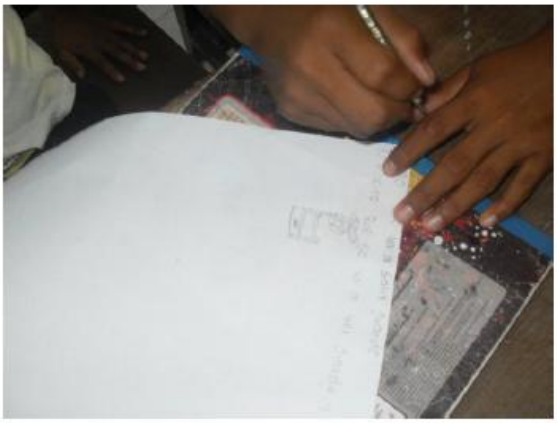
Nombre_____

CLASES INTERACTIVAS DEMOSTRATIVAS **HOJA DE RESULTADOS – ABSORCIÓN Y MÚLTIPLE DISPERSIÓN** **Indicaciones:** Puede escribir todo lo que desee en la Hoja de Resultados y llevarla para su estudio posterior.

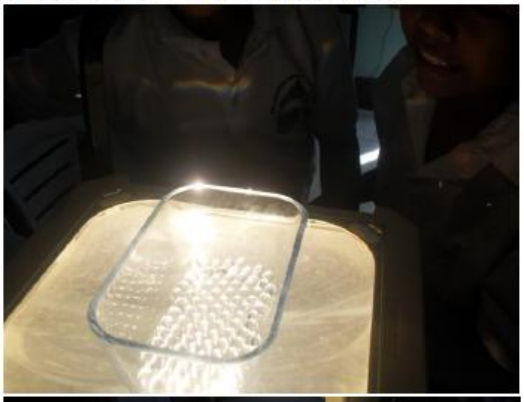
Cuando se coloca una sola capa de esferas en el recipiente:
1. ¿Cómo se vieron las esferas desde los costados del recipiente? 2. ¿Cómo se vieron las esferas desde arriba del recipiente? 3. ¿Cómo se vieron las esferas proyectadas en la pantalla?
Cuando colocamos varias capas de esferas en el recipiente:
1. ¿Cómo se vieron las esferas desde los costados del recipiente? 2. ¿Cómo se vieron las esferas desde arriba del recipiente? 3. ¿Cómo se vieron las esferas proyectadas en la pantalla?
¿Por qué las esferas proyectan una sombra oscura sobre la pantalla?

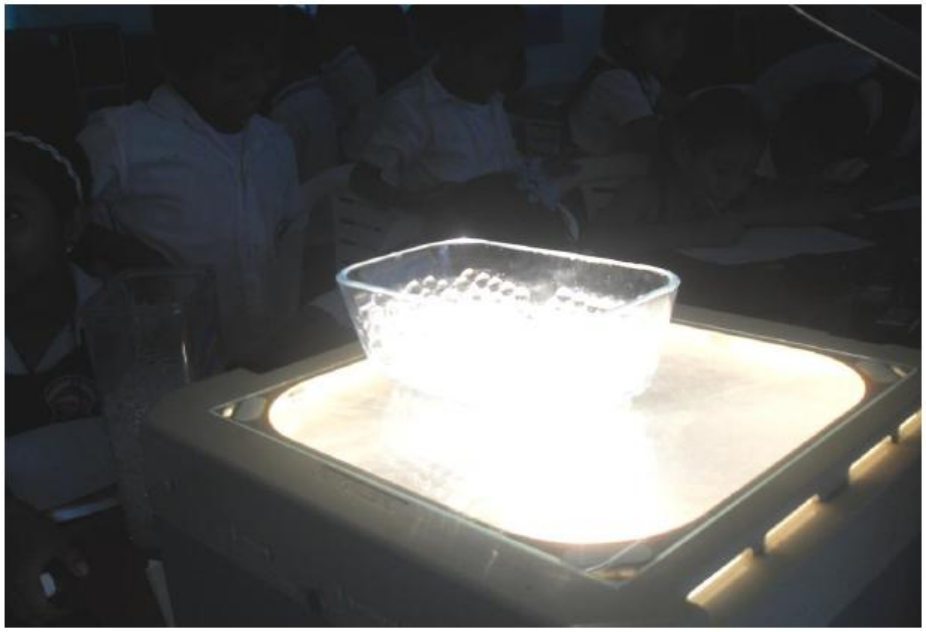
Guías extraídas de: Active Learning in Optics and Photonics, Training manual. Sokoloff, D., y otros . Segunda edición. UNESCO (2009).

Realizando las predicciones individuales y en grupos:



Niños realizando las practicas:





D. Anexo: Guía 3

Hoja de Predicciones individuales:

Entregue esta hoja al final de la clase Nombre_____

CLASES INTERACTIVAS DEMOSTRATIVAS

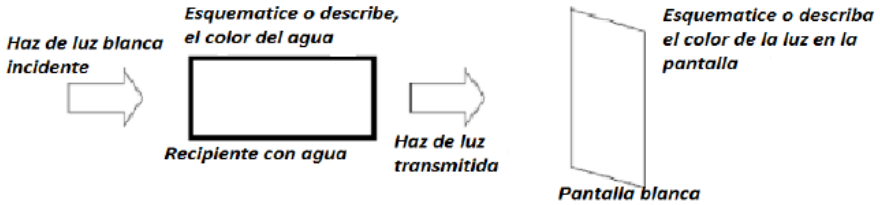
HOJA DE PREDICCIONES INDIVIDUAL – CIELO AZUL Y PUESTAS DE SOL ROJIZAS

Indicaciones: Esta hoja será recolectada. Escriba su nombre en la parte superior para registrar su presencia y participación en estas demostraciones. Siga las indicaciones de su profesor. Puede escribir todo lo que desee en la Hoja de Resultados adjunta y llevarla para su estudio posterior.

Materiales:

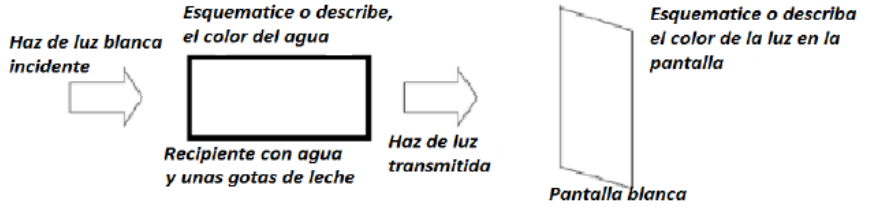
- Proyector de diapositivas
- Recipiente transparente (pecera) o vaso de precipitado
- Filtros de color rojo, verde, azul y violeta.
- Pequeña cantidad de leche entera
- Gotero

Planteamiento 1: La figura de abajo muestra un haz de luz blanca que incide en un recipiente lleno de agua. La luz transmitida a través del agua incide en una pantalla blanca.



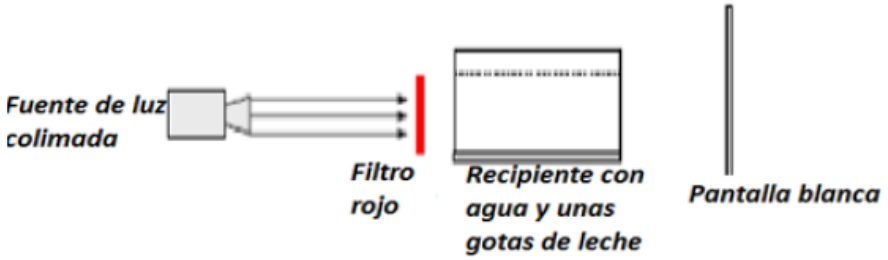
1. ¿La luz se ve claramente mientras se propaga a través del agua? ¿Por qué sí o no?
2. ¿La luz mientras se propaga a través del agua tiene algún color particular?

Planteamiento 2: Ahora se agregan lentamente unas gotas de leche en el agua y se agita bien después de cada gota.



1. ¿Cambiará el color de la luz dispersada vista desde los lados laterales del recipiente?
2. ¿Cambiará el color de la luz transmitida vista sobre la pantalla?

Demostración 3. Esta demostración se realiza en una habitación oscura. Se agrega una pequeña cantidad de leche al agua del recipiente. Se hace incidir la luz de una fuente intensa en una de las caras del recipiente. Se coloca un filtro rojo entre la fuente de luz y el recipiente Se observa el color del agua en el recipiente y el de la luz transmitida y proyectada en la pantalla. El filtro rojo se reemplaza por otros colores y se observan nuevamente los colores de la luz dispersada y transmitida.



1. ¿Qué color de luz es la más intensa? ¿La menos intensa?

Hoja de predicciones grupal:

Nombres_____

CLASES INTERACTIVAS DEMOSTRATIVAS

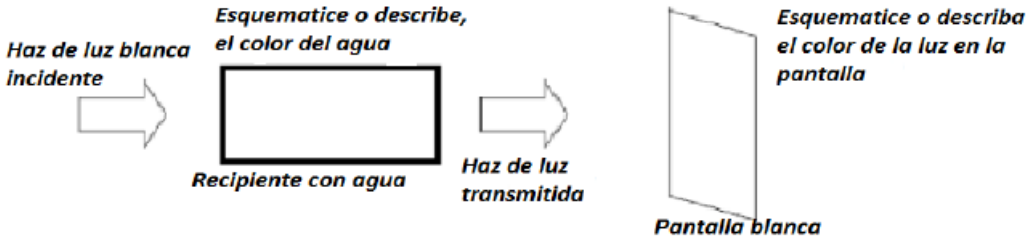
HOJA DE PREDICCIONES GRUPAL – CIELO AZUL Y PUESTAS DE SOL ROJIZAS

Indicaciones: Esta hoja será recolectada. Escriba su nombre en la parte superior para registrar su presencia y participación en estas demostraciones. Siga las indicaciones de su profesor. Puede escribir todo lo que desee en la Hoja de Resultados adjunta y llevarla para su estudio posterior.

Materiales:

- Proyector de diapositivas
- Recipiente transparente (pecera) o vaso de precipitado
- Filtros de color rojo, verde, azul y violeta.
- Pequeña cantidad de leche entera
- Gotero

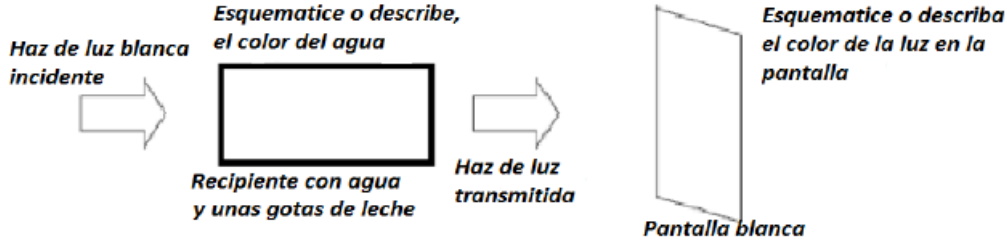
Planteamiento 1: La figura de abajo muestra un haz de luz blanca que incide en un recipiente lleno de agua. La luz transmitida a través del agua incide en una pantalla blanca.



1. ¿La luz se ve claramente mientras se propaga a través del agua? ¿Por qué sí o no?

2. ¿La luz mientras se propaga a través del agua tiene algún color particular?

Planteamiento 2: Ahora se agregan lentamente unas gotas de leche en el agua y se agita bien después de cada gota.



1. ¿Cambiará el color de la luz dispersada vista desde los lados laterales del recipiente?
2. ¿Cambiará el color de la luz transmitida vista sobre la pantalla?

Demostración 3. Esta demostración se realiza en una habitación oscura. Se agrega una pequeña cantidad de leche al agua del recipiente. Se hace incidir la luz de una fuente intensa en una de las caras del recipiente. Se coloca un filtro rojo entre la fuente de luz y el recipiente Se observa el color del agua en el recipiente y el de la luz transmitida y proyectada en la pantalla. El filtro rojo se reemplaza por otros colores y se observan nuevamente los colores de la luz dispersada y transmitida.

1. ¿Qué color de luz es la más intensa? ¿La menos intensa?

Hoja de resultados:

Nombre_____

CLASES INTERACTIVAS DEMOSTRATIVAS
HOJA DE RESULTADOS – CIELO AZUL Y PUESTAS DE SOL ROJIZAS

Indicaciones: Puede escribir todo lo que desee en la Hoja de Resultados y llevarla para su estudio posterior.

Cuando el haz de luz incide sobre el agua :

1. ¿La luz se vio claramente mientras se propagó a través del agua? ¿Por qué?

2. ¿La luz mientras se propagó a través del agua que color tenía en particular?

Cuando el haz de luz incide sobre el agua con las gotas de leche:

1. ¿Cambió el color de la luz dispersada vista desde los lados laterales del recipiente?

2. ¿Cambió el color de la luz transmitida vista sobre la pantalla?

3. ¿Podría explicar por qué la pantalla es oscura cuando se agregan las gotas de leche al agua?

4. Suponga que la mezcla en el recipiente representa a la atmósfera terrestre. ¿Qué representaría el agua? ¿Qué representaría la leche?

5. ¿En qué sentido esta demostración es similar a la ocurrencia del azul del cielo y las puestas de Sol rojas?

Guías extraídas de: Active Learning in Optics and Photonics, Training manual. Sokoloff, D., y otros. Segunda edición. UNESCO (2009)

Imágenes de los niños realizando las practicas:

Realizando las predicciones individuales y en grupos:

Niños realizando prácticas:

Imágenes sobre la pantalla:

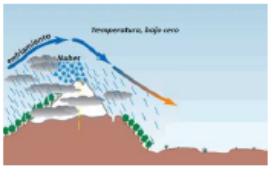
SALA DE INFORMÁTICA
"EWARE"

E. Anexo: Postest

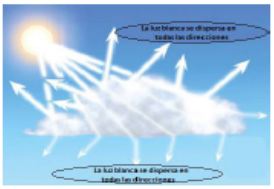
POSTEST
ÁREA: CIENCIAS NATURALES

Nombre del estudiante	Curso	Día	Mes	Año

1. Porqué las nubes se ven blancas?



A. Las nubes se forman por condensación del vapor de agua existente en la atmósfera, lo cual da lugar a gotitas que se juntan y como la temperatura a esta altura es muy baja, entonces se forman pequeños copos de nieve que al juntarse hacen que se formen las nubes y se vean de color blanco.



B. Las nubes son blancas porque las gotas que las forman son más grandes y el fenómeno de dispersión es mayor para todos los colores. Siendo así, el efecto se anula y las vemos blancas (como si recibiéramos la luz normal).

C. El humo es la descomposición química de un material en combustión el mismo contiene monóxido de carbono este elemento es menos pesado por eso tiende a elevarse más que el oxigeno. Al elevarse forma las nubes que obviamente son blancas (ya que este es el color del humo).

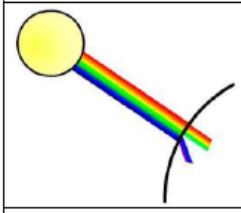
D. Otra.Cual?_____

2. ¿Por qué el cielo se ve azul?

A. El color azul al cielo se lo da uno de sus componentes, el OZONO, lo cual quiere decir que tenemos una atmósfera que aún nos protege, en los demás planetas que no tienen atmósfera que les proteja no se percibe el bello azul como el de nuestro bello planeta.

B. El espacio exterior es de color negro, a medida que se va acercando a nuestra atmosfera terrestre, va cambiando a azul. Como nuestra atmosfera es blanca, eso hace que nuestro cielo se vea azul claro.

C. En la atmósfera terrestre hay pequeñas partículas. Cuando la luz solar llega a la tierra, estas partículas causan que la luz de algunos colores se desvíe y que la de otros colores siga su curso (como se ve en el dibujo). Entonces la luz que tiene una longitud mayor (roja,

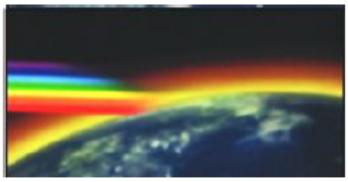


naranja, amarilla y verde) viaja sin ser perturbada, mientras que la luz de longitud menor, (azul, añil y violeta) cambia su curso al encontrarse con estas partículas.

D. Otra. Cual?_____

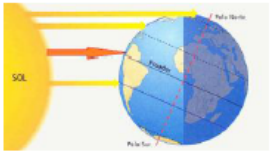
3. ¿Por qué los atardeceres se ven rojizos?

A. Debido al calentamiento global.



B. Cuando los rayos del sol nos llegan durante el atardecer, estos tienen que recorrer un mayor camino hasta llegar a nosotros. La atmósfera, un conjunto de polvos, partículas e incluso gotas de agua, difunden los rayos de luz. Por ende, las ondas de menor longitud son absorbidas, lo que hacen que solo los rayos rojos, los de mayor longitud, logren llegar hasta nosotros prácticamente sin desviación alguna.

C. Las regiones ecuatoriales (región donde esta ubicada Colombia) se encuentran en el camino más directo de la luz del sol, por lo que tienden a tener climas mucho más cálidos y más suaves durante todo el año que en otros lugares, esto hace que los rayos del sol nos hagan ver unos atardeceres rojos y naranjas.



D. Otra.Cual?_____
_____

F. Anexo: Manual de la Práctica (Guía del profesor)

Guía del Profesor Absorción y Dispersión múltiple
(Guía 1 y 2 de estudiantes)

OBJETIVOS:

1. Demostrar dispersión simple y múltiple.
2. Demostrar la diferencia entre absorción y dispersión en términos de los cambios de intensidad de la luz transmitida.
3. Mostrar -por analogía- que la dispersión múltiple es responsable del color blanco de las nubes
4. Mostrar -por analogía- que la dispersión por partículas y moléculas de aire causan una bruma visible que reduce el contrate entre el cielo brillante y las montañas en el horizonte.

INTRODUCCIÓN

El conjunto de Clases Demostrativas Interactivas de este módulo trata de fenómenos de la naturaleza y de la vida cotidiana observados por la mayoría de los estudiantes, por ejemplo; nubes blancas (a veces oscuras), la espuma formada por las ondas de agua que alcanzan la costa (o cuando el frente de un barco desliza sobre el agua). A escala molecular la dispersión de la luz es un proceso complicado. Por esta razón este tópico se introduce por analogías usando demostraciones simples.

La demostración 1, utiliza burbujas de aire en jabón. Se mostrará que cuando se observan burbujas separadas, éstas son transparentes. Pero cuando las burbujas se agrupan juntas, parecen blancas. Esto sirve como analogía de la dispersión de la luz por las nubes.

La demostración 2, las esferitas de biogel son utilizadas como dispersoras de la luz. Esta es la analogía de la dispersión de la luz en la mezcla de agua con leche, de la demostración 3. Las esferas representan los glóbulos de grasa de la leche que actúan como dispersores de la luz y hacen que la leche sea blanca.

Como en todas las Clases Demostrativas Interactivas, siga los procedimientos de los 8-pasos indicados:

Recordemos que estos pasos son: 1) descripción de la demostración a los estudiantes, 2) los estudiantes hacen sus propias predicciones de los resultados esperados en la hoja de predicciones y luego 3) las discuten con su(s) vecino(s) próximo(s), Los estudiantes 4) pueden en este paso cambiar sus predicciones. Si se dispone de tiempo, 5) obtenga predicciones de voluntarios en la clase. Luego 6) realice las demostraciones con los resultados claramente visibles. 7) Solicite voluntarios para describir y explicar los resultados en el contexto de la demostración, y 8) discuta cualquier otra analogía de fenómenos físicos que puedan explicarse con el mismo principio físico. Es muy importante recordar que *el profesor debe solicitar conclusiones a los estudiantes* en vez de enseñarlas directamente.

Las sugerencias de cómo llevar a cabo las demostraciones se incluyen más abajo. Por lo tanto, el término *color* es usado en estas demostraciones en vez del de *longitud de onda*. La terminología *luz transmitida*, que normalmente se refiere al haz no dispersado, también

incluye a la luz dispersada hacia delante. La luz observada a lo largo de cualquier dirección diferente a la de la luz incidente se denomina como *luz dispersada*.

MATERIALES y EQUIPO

- Retroproyector o cualquier fuente de luz blanca intensa.
- Dos recipientes trasparentes
- Esferas de vidrio transparente (de 5 mm de diámetro aproximadamente) o biogel
- Agua
- Detergente
- Puntero láser.

NOTAS SOBRE LAS DEMOSTRACIONES

***Registro de predicciones de grupo*:** Pida a **c**ada grupo que registre por escrito las conclusiones y acuerdos a los que hayan llegado. Se sugiere un tiempo máximo de 5 minutos para esta actividad.

***Socialización de predicciones*:** Recoja verbalmente o por escrito en el tablero las predicciones más comunes de toda la clase. Se sugiere un tiempo máximo de 10 minutos para esta actividad.

***Realización del experimento*:** El docente realiza la demostración mostrando claramente los resultados.

Descripción y discusión de resultados: El docente debe entregarle a cada grupo una Hoja de Resultados, en donde aparecen las mismas preguntas realizadas en la hoja de predicciones de grupo, solo que en pasado y agregarle otras preguntas adicionales para dirigir la discusión posterior, tal que se logre el objetivo inicial y se permita la formalización de los conceptos buscados y la profundización en el tema

Demostración 1. Se mezcla detergente con agua para formar pompas de jabón. La transparencia de una sola burbuja se compara con la de un grupo de ellas.

Cosas para discutir:

1. ¿Por qué una sola pompa se ve transparente pero un delgado grupo parece blanco?
2. ¿Puede Usted relacionar este conjunto de demostraciones con el color blanco (y a veces oscuro) de las nubes? ¿O con el color de la espuma que se forma cuando las olas rompen en la playa?
3. ¿Puede Usted explicar por qué, aún en días claros, las montañas distantes aparecen brumosas? Pista: ¡Qué hay entre las montañas y el observador? ¿Qué ocurre con la luz que viaja desde las montañas hacia sus ojos?

Demostración 2. Un recipiente de vidrio transparente se llena parcialmente con agua (sólo la mitad). Se coloca el recipiente sobre el retroproyector y se agregan pequeñas esferas de vidrio en su interior. Los estudiantes observan la luz dispersada por las esferitas desde los costados y desde la parte superior del recipiente. También observan la sombra proyectada por las esferitas sobre una pantalla.

Las esferitas de vidrio dispersarán la luz incidente, lo que se evidencia por los destellos que producen. Por lo tanto hay una pequeña cantidad de luz que se transmite, como lo muestra la sombra sobre la pantalla.

Cosas para discutir:

1. ¿Cómo se ven las esferitas de vidrio cuando se observan desde los costados y desde arriba el recipiente? ¿Puede Usted explicar su observación?
2. ¿Por qué las esferas de vidrio proyectan una sombra oscura sobre la pantalla?

Guías extraídas de: Active Learning in Optics and Photonics, Training manual. Sokoloff, D., y otros. Segunda edición. UNESCO (2009)

Guía del profesor: Cielo azules y puestas del sol rojas
(guía 3 de los estudiantes)

OBJETIVOS:

1. Observar la selectividad espectral de la dispersión de la luz.
2. Entender la explicación física del color azul del cielo y el rojo de las puestas de Sol.

.

INTRODUCCIÓN

En un día diáfano, el cielo, visto por un observador en la Tierra, se ve de color azul. Arriba de las nubes el cielo se ve siempre azul. La gama de azules, sin embargo, varía con la dirección de observación. El cielo se ve azul pálido cuando se observa cerca de la línea de visión del Sol y se hace cada vez más profundamente azul lejos de esta región. En el espacio, la atmósfera de la Tierra se ve azul. Entonces, ¿por qué el cielo se ve azul? Durante la salida y puestas de Sol, el color de la atmósfera se ve amarillo, naranja rojo. ¿Por qué será esto? El siguiente conjunto de demostraciones interactivas nos ayudarán a responder a estas cuestiones.

La demostración 1, muestra que el agua pura – sin partículas de grasa de leche suspendidas – no altera la luz blanca por dispersión.
Con la demostración 2, se mostrará que cada color sufre dispersión por las partículas de grasa de leche suspendidas en el agua y la luz transmitida (suponiendo que la mezcla no es ópticamente densa) también tiene el mismo color que la luz del haz incidente.

Como en todas las Clases Demostrativas Interactivas, siga los procedimientos de los 8-pasos indicados:
Recordemos que estos pasos son: 1) descripción de la demostración a los estudiantes, 2) los estudiantes hacen sus propias predicciones de los resultados esperados en la hoja de predicciones y luego 3) las discuten con su(s) vecino(s) próximo(s), Los estudiantes 4) pueden en este paso cambiar sus predicciones. Si se dispone de tiempo, 5) obtenga predicciones de voluntarios en la clase. Luego 6) realice las demostraciones con los resultados claramente visibles. 7) Solicite voluntarios para describir y explicar los resultados en el contexto de la demostración, y 8) discuta cualquier otra analogía de fenómenos físicos que puedan explicarse con el mismo principio físico. Es muy importante recordar que *el profesor debe solicitar conclusiones a los estudiantes* en vez de enseñarlas directamente.
Esta material incluye sugerencias sobre posibles cuestiones que puedan servir como guía en las discusiones. Las conclusiones de las discusiones deben relacionarse con la serie de demostraciones del azul del cielo y las puestas de sol rojas y cualquier otro fenómeno relacionado.
Las sugerencias de cómo llevar a cabo las demostraciones se incluyen más abajo. Todas las observaciones se realizan con el ojo. Por lo tanto, el término *color* es usado en estas demostraciones en vez del de *longitud de onda*. La terminología *luz transmitida*, que normalmente se refiere al haz no dispersado, también incluye a la luz dispersada hacia

delante. La luz observada a lo largo de cualquier dirección diferente a la de la luz incidente se denomina como *luz dispersada*.

MATERIALES Y EQUIPO

- Proyector de diapositivas o cualquier fuente de luz blanca intensa.
- Recipiente o vaso de precipitado
- Pequeña cantidad de leche entera (con grasa)
- Gotero
- Filtros de color rojo, verde azul y violeta

NOTAS SOBRE LOS EQUIPOS

Fuente de luz: Se debe usar una fuente luz intensa. Un proyector de diapositivas es altamente recomendado porque es intenso, altamente colimado y las lámparas halógenas se aproximan bien a la luz blanca. Si se utiliza una linterna, se recomienda fuertemente disponer de un conjunto de baterías extra. Además de ser menos intensas, si las baterías se debilitan, la emisión del foco en las longitudes de ondas cortas (azul y violeta) es menor comparada con las longitudes de onda largas (rojo). La dispersión aparecerá amarillenta o aún rojiza en vez de azulada. Los haces de luz de la mayoría de las linternas no es colimado. Para obtener un haz colimado, coloque una máscara con una pequeña abertura circular en el centro del frente de la linterna. Adicione un tubo cilíndrico a la abertura de la máscara. El acoplamiento completo se muestra en la figura 1.

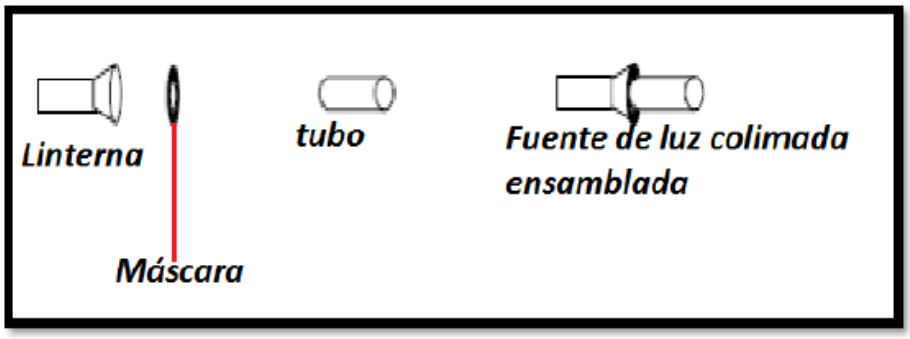


Figura 1.

Otra fuente de luz alternativa que es altamente recomendada es un diodo emisor de luz blanca (LED).

Ellos son una de los más brillantes disponibles y una lente convergente puede usarse para colimar la salida. Existen actualmente linternas que usan LED blancos como fuente de luz y que incluyen una lente de colimación. La dispersión es más azulada con este tipo de iluminación.

Filtros: Se pueden usar papeles de celofán de colores como filtros. Notar sin embargo que la luz transmitida a través de un trozo de papel de celofán puede verse azul pero que no es un azul puro como puede verificarse usando el espectroscopio simple. Cuatro o cinco capas de celofán colocadas en frente de la fuente de luz blanca pueden ser suficientes para producir el color necesario. Como una alternativa a los filtros de colores

pueden usarse diodos emisores rojos, verdes y azules. La luz dispersada es mucho más brillante.

Peceras: Un vaso transparente o un recipiente de acrílico son apropiados para estas demostraciones. Si no se dispone de ellos se puede utilizar un recipiente transparente. Esta demostración puede ser también realizada usando un retroproyector. Se puede utilizar un vaso de precipitado en vez de la cuba. Es muy importante colocar sobre el retroproyector, una máscara con un orificio circular del mismo diámetro que el vaso.

Fuente de partículas dispersoras: En las demostraciones discutidas en este módulo, como así también en la mayoría de las de las referencias, la leche (líquida o en polvo) es el material usualmente utilizado como partículas dispersoras.

NOTAS SOBRE LAS DEMOSTRACIONES

***Registro de predicciones de grupo*:** Pida a **c**ada grupo que registre por escrito las conclusiones y acuerdos a los que hayan llegado. Se sugiere un tiempo máximo de 5 minutos para esta actividad.

***Socialización de predicciones*:** Recoja verbalmente o por escrito en el tablero las predicciones más comunes de toda la clase. Se sugiere un tiempo máximo de 10 minutos para esta actividad.

***Realización del experimento*:** El docente realiza la demostración mostrando claramente los resultados.

Descripción y discusión de resultados: El docente debe entregarle a cada grupo una Hoja de Resultados, en donde aparecen las mismas preguntas realizadas en la hoja de predicciones de grupo, solo que en pasado y agregarle otras preguntas adicionales para dirigir la discusión posterior, tal que se logre el objetivo inicial y se permita la formalización de los conceptos buscados y la profundización en el tema

Demostración 1. Esta demostración se hace utilizando una pecera llena de agua común de la red. Se prefiere agua de la red domiciliaria en vez de destilada porque esta última no posee suficiente cantidad de partículas suspendidas para producir dispersión de la luz. El recipiente con agua se coloca en el camino de la luz proveniente del proyector como lo indica la figura 2.

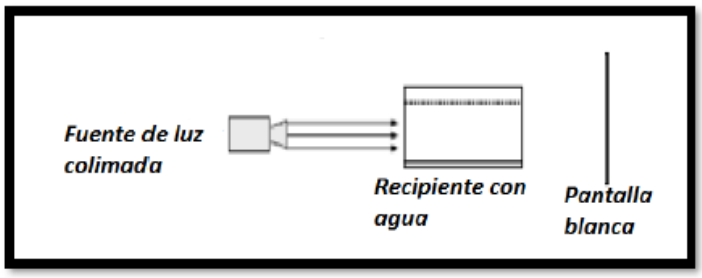


Figura 2.

Las observaciones se centran tanto en la dispersión de la luz a medida que se propaga en el agua como en la luz transmitida a través del agua y que alcanza la pantalla. La intensidad de la luz dispersada dependerá de la cantidad de partículas suspendidas en el

agua. Las partículas se verán como pequeños objetos brillantes en constante movimiento. Ni la luz dispersada ni la transmitida presentará algún color particular.

Cuestiones para discutir

1. ¿La luz se ve claramente mientras se propaga a través del agua? ¿Por qué sí o no?
2. ¿La luz mientras se propaga a través del agua tiene algún color particular? Qué puede decir respecto de la luz transmitida hacia la pantalla?

Demostración 2. En esta demostración no se colocan filtros entre la fuente de luz y el recipiente como se muestra en la figura. Se hace incidir sobre el recipiente de agua un haz de luz blanca, mezcla de diferentes colores. Se agrega una pequeña cantidad de leche al agua y se mezcla completamente.

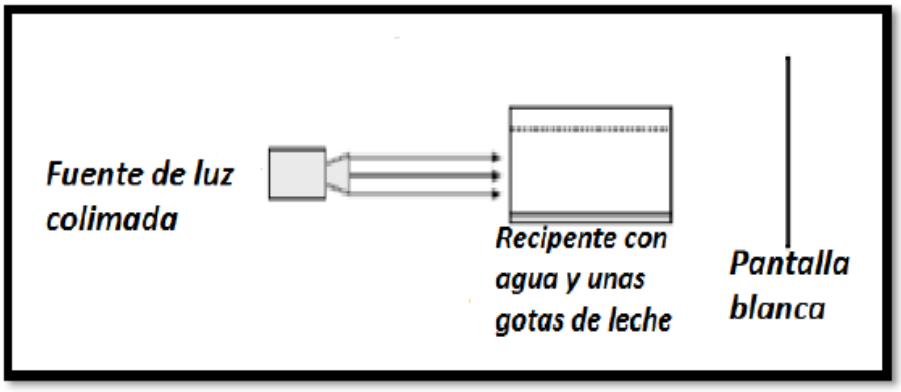


Figura 3

Observar el color de la luz dispersada y la transmitida. Cuando se utiliza una pequeña cantidad de leche, la luz dispersada es azulada mientras que la luz transmitida sobre la pantalla se ve amarillenta.

Cuestiones para discutir

1. Describir el color de la luz dispersada y transmitida.
2. ¿Cuál color sufre más dispersión? ¿Cuál menor?
3. ¿Podría Usted explicar la razón del color del haz de luz transmitido?

Demostración 3. Esta demostración resulta más adecuada si se realiza en una habitación oscura. Se agrega una pequeña cantidad de leche al agua del recipiente. Se hace incidir la luz colimada de una fuente intensa en una de las caras de la cuba como se muestra en la Figura 4. Se coloca un filtro rojo entre la fuente de luz y el recipiente .Se observa el color del agua en el recipiente y el de la luz transmitida y proyectada en la pantalla. El filtro rojo se reemplaza por otros colores y se observan nuevamente las intensidades de la luz dispersada y transmitida. Cuando se utiliza un filtro azul, la luz dispersada parece ser más brillante que cuando se usan los filtros de otros colores. Pero podrían existir diferentes opiniones. Si se utiliza un retroproyector, es posible que se observe simultáneamente la dispersión debido a los diferentes colores incidentes.

Figura 4

Cuestiones para discutir

1. ¿Cuál cree Usted que es el propósito al agregar una muy pequeña cantidad leche al agua?
2. ¿Cuál es el color de la luz dispersada y transmitida comparada con la luz incidente (la que entra al recipiente
3. Para qué color de la luz incidente la luz dispersada es la más intensa? ¿La menos intensa?

Guías extraídas de: Active Learning in Optics and Photonics, Training manual. Sokoloff, D., y otros. Segunda edición. UNESCO (2009)

Bibliografía

[1] Luz Egos y Universos. Juan Arentsen S. Editorial Andrés Bello. Chile 1995

[2] http://langerkatalog.de/Audio1-102/Audio56.html 15/12/2013

[3] http://fisicanet.com.ar/fisica/ondas/ap08_luz.php 16/12/2013

[4]http://histoptica.org/apuntes-de-astronomia/telescopio/refractores/john-dollond-fraunhofer/

[5]http://didactika-peru.blogspot.com/2009/08/el-experimento-de-la-doble-rendija-o-de.html 17/12/2013

[6] http://www.mcnbiografias.com/app-bio/do/show?key=tyndall-john 19/12/2013

[7] Unidad Didáctica Fenómenos atmosféricos. J.C. Casado, M. Serra-Ricart. Instituto de Astrofísica de Canarias

[8] http://www.tiempo.com/ram/224/mirando-al-cielo-fenomenos-opticos-atmosfericos-y-ii/

[9] http://es.wikipedia.org/wiki/Dispersi%C3%B3n_de_Rayleigh 22/12/2013

[10] http://www.profpc.com.br/Solu%C3%A7%C3%B5es.htm 26/12/2013

[11] http://centrodeartigos.com/articulos-utiles/article_108245.html

[12]http://www.um.es/LEQ/Atmosferas/Ch-IV-1/F41s9p1.htm

[13] Principios de Teledetección. Francisco Segado Vázquez. Universidad de Murcia. Servicio de publicaciones, II ed. 1996.

[14] Metodos Ópticos de Análisis. Eugene D. Olsen. Editorial Reverté. Barcelona, 1990. Visto en http://books.google.com.co/books?id=gtRcq1g4DmYC&pg=PA335&dq=dispersion+raman++rayleigh&hl=es&sa=X&ei=6LPdUr7dK5SvkAe2p4DgBw&ved=0CDUQ6AEwAA#v=onepage&q=dispersion%20raman%20%20rayleigh&f=false

[15] Sokoloff, D., Lakhdar Z.B., Culaba I., Lakshminarayanan, J., Maquiling J., Mazzolini A. (2009). Active Learning in Optics and Photonics, Training manual. Segunda edición. UNESCO

[16] HAKE, Richard R, "Suggestions for Administering and Reporting Pre/Post Diagnostic Tests TestingSuggestions051801.pdf http://www.physics.indiana.edu/~hake/ 30/12/2013

[17] HAKE, Richard R. – Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses – American Journal of Physics, 1998. http://www.physics.indiana.edu/~hake/ 13/12/2013