



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

**Propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales en el grado 9° de la básica secundaria a través de actividades experimentales mediante el uso de las NTIC: Estudio de caso en la I.E. León XIII del municipio El Peñol.**

**Luis Fernando Londoño Zea**

**Universidad Nacional de Colombia**

**Facultad de Ciencias**

**Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

**Medellín, Colombia**

**2016**

**Propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales en el grado 9° de la básica secundaria a través de actividades experimentales mediante el uso de las NTIC: estudio de caso en la I.E. León XIII del municipio El Peñol.**

**Luis Fernando Londoño Zea**

**cc: 71647416**

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar el título de:

**Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Director:

Diego Luis Aristizabal Ramírez

FÍSICO, MSC. EN FÍSICA

PROFESOR ASOCIADO CON TENENCIA DE CARGO DE LA ESCUELA DE FÍSICA  
DE LA Sede Medellín.

**Universidad Nacional de Colombia**

**Facultad de Ciencias**

**Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

**Medellín, Colombia**

**2016**

## **DEDICATORIA**

A mi Familia por su apoyo incondicional y su paciencia ante mis ansiedades en el tiempo de elaboración del proyecto de grado.

A mi esposa Mary y a mis hijos Ana María y Luis David, por todos esos momentos que he dejado de compartir con ellos, y por toda su comprensión y ayuda.

A mi madre Mariela, que con sus consejos y compañía siempre ha guiado mi vida.

A mi hermano Hernán Darío, que con su ayuda y gran sabiduría me ha dado luces para seguir adelante y conseguir todas mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios y la Virgen María que han sido siempre mi fortaleza tanto física como espiritual.

A mi asesor y amigo Diego Luis Aristizabal Ramírez, a quien admiro profundamente, por su gran profesionalismo, generosidad y sencillez al momento de impartir su conocimiento a quienes hemos tenido el gran honor de ser sus alumnos o conocidos.

A todos los profesores y profesoras de la Maestría en la enseñanza de las ciencias, de quienes adquirí excelentes conocimientos que volvieron a oxigenar mi espíritu investigador y el deseo de ser una mejor persona y un mejor profesional.

A todas aquellas personas que en algún momento de mi vida, me brindaron su apoyo y buen consejo para seguir adelante con mis sueños y vestirlos con el overol del éxito.

A mis muy queridos y estimados estudiantes de grado 9° , directivos y docentes de la Institución Educativa León XIII del municipio de El Peñol – Antioquia, que han sido testigos de mi dedicación por fortalecer y mejorar los procesos de enseñanza de las ciencias naturales.

## RESUMEN.

Con este proyecto se buscó trabajar contenidos procedimentales en ciencias naturales, a través de la experimentación, con ayuda de las nuevas tecnologías para la información y la comunicación (NTIC) para que estudiantes de grado 9° de la institución educativa León XIII del municipio de El Peñol en Antioquia, lograran mejorar sus competencias científicas y pudieran a su vez aplicar lo aprendido en su vida diaria.

Los temas elegidos para la intervención fueron: teoría del color, espectroscopia, microscopia y fotosíntesis. El primer tema se apoyó en simulaciones con **SimulPhysics**. En el segundo tema se usó un espectrómetro de construcción casera cuyo valor no asciende a US\$ 3. Aquí se analizaron diferentes espectros (lámparas, leds, luz solar, sodio) los cuales se grabaron y analizaron con un dispositivo móvil usando el software de libre uso **PhysicsSensor**. Para el tercer tema, en primera instancia, se transformó un microscopio de muy bajo costo (US\$ 30) en uno semiprofesional usando retardadores y polarizadores ópticos y digitalizando la imagen con un dispositivo móvil (celular o tableta); en segunda instancia se construyó un microscopio casero cuyo costo es del orden de US\$ 5 al cual se le acopla el dispositivo móvil también para filmar, guardar y digitalizar las imágenes. Con estos microscopios se observaron y analizaron diferentes muestras de minerales y biológicas. Por último se abordó el cuarto tema, el estudio del proceso de la fotosíntesis analizando la cantidad de burbujas de oxígeno producidas en la planta acuática de *Elodea* sp iluminándola con luz de diferentes longitudes de onda.

Usando la metodología propuesta se logró observar cómo los estudiantes por medio del uso de nuevas herramientas tecnológicas y equipo construido por ellos, lograron aprender significativamente estos temas dinamizando sustancialmente el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para evidenciar esto se hizo el análisis de los resultados obtenidos en una prueba (anexo A) a la cual se enfrentaron antes de la instrucción y después de ésta. También se aplicó una encuesta de satisfacción (anexo C) y la elaboración de mapas conceptuales (anexo D). Pero es más significativa la alegría con la cual enfrentaron los temas y la propiedad con la que terminaron hablando de éstos.

**Palabras Claves:** Actividades experimentales, NTIC, Aprendizaje significativo crítico, PhysicsSensor, SimulPhysics, Espectroscopia, Microscopia, Fotosíntesis.

**Keywords:** Experimental activities, NTIC, Meaningful learning critical PhysicsSensor, SimulPhysics, Spectroscopy, Microscopy, Photosynthesis.

**ABSTRACT.**

With this project we explored to work procedural contents in natural sciences, through the experimentation, with the help of new information and communication technologies (ICT) in order to get that students from 9th grade of the Leon XIII school on the Peñol, Antioquia municipality, achieve improvements of their scientific competences and could in turn apply what they learned in their daily lives.

The themes chosen for intervention were: spectroscopy, microscopy and photosynthesis. The first theme, was held on support on a simulation tool with **SimulPhysics**. On the second theme, was used a homebuilt spectrometer whose value is less than 3 USD. Here different spectra (lamps, leds, sunlight, sodium) were recorded and analyzed with a free software for mobile device called **PhysicsSensor**. For the third theme, in a first instance, a very low cost microscope (30 USD), was transformed into one semiprofessional using optical polarizers and retarders, and digitizing the image with a mobile device (phone or tablet); in a second instance a homemade microscope was built whose cost is about 5 USD, which is coupled to the mobile device also to film, save and digitize the images. With these microscopes, was observed and analyzed different minerals and biologicals samples. Finally, the fourth theme addressed, was the study photosynthesis process, by analyzing the amount of oxygen bubbles produced in the aquatic plant *Elodea sp* illuminating it with light of different wavelengths.

Using the proposed methodology, was achieved observe, how students through the use of new technology and equipment tools, built by themselves, managed to significantly learn these themes substantially streamlining the process of teaching-learning. This was

evidenced through the analysis of the results obtained in a test (Appendix A), that they faced before the instruction and after it was done. It also was applied, a satisfaction survey (Appendix C ) and concept mapping ( Appendix D ).

But is more significant, the happiness they faced the themes and the property they finished talking about them.

**CONTENIDO**

RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE FOTOS.....	XIII
LISTA DE TABLAS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	15
1 Descripción del problema y Objetivos.....	19
1.1 El problema.....	19
1.2 La pregunta.....	19
1.3 El contexto.....	20
1.4 Objetivos.....	21
1.4.1 Objetivo General.....	21
1.4.2 Objetivos específicos.....	21
2 Marco referencial.....	23
2.1 Marco teórico.....	23
2.2 Referente pedagógico.....	24
2.2.1 El enfoque constructivista.....	25
2.2.2 La teoría del aprendizaje significativo.....	26
2.3 Referente disciplinar.....	27
2.3.1 Teoría del color.....	28
2.3.2 Espectroscopia.....	30
2.3.3 Microscopía.....	32
2.3.4 Fotosíntesis.....	36
2.4 Antecedentes.....	41
3 Procedimiento de la intervención.....	43
3.1 Aspectos de diseño e implementación.....	43
3.2 Conformación del grupo de estudiantes.....	46

3.3	Determinación del estado inicial del grupo .....	46
3.4	Fundamentos sobre la teoría del color.....	46
	Actividad 1.....	46
	Actividad 2.....	47
	Actividad 3.....	48
	Actividad 4.....	48
	Actividad 5.....	49
	Actividad 6.....	51
3.5	Fundamentos sobre la espectroscopia. ....	52
	Actividad 1: Observación del espectro de diferentes fuentes de luz.....	53
	Actividad 2: Funcionamiento del espectrómetro.....	54
	Actividad 3: Medida de longitudes de onda presentes en el espectro visible.....	55
	Actividad 4: Medida de espectros usando PhysicsSensor y un celular Smartphone.....	57
3.6	Fundamentos sobre la microscopía. ....	59
	Parte 1: Conversión de un microscopio óptico de laboratorio en un microscopio semi-profesional digital.....	59
	Parte 2: ¿Cómo construir un microscopio casero de buena resolución óptica y de muy bajo precio?.....	67
3.7	Fundamentos sobre la fotosíntesis.....	69
3.8	Determinación del estado final del grupo.....	72
4	Resultados y su discusión.....	74
4.1	Evaluación de la intervención educativa: Factor de Hake.....	74
4.2	Evaluación de la intervención educativa: Estimación cualitativa .....	78
4.2.1	Análisis de encuesta de satisfacción.....	78
4.2.2	Análisis de mapas conceptuales .....	80
4.2.3	Observación del docente .....	81
5	Conclusiones y Recomendaciones. ....	84
5.1	Conclusiones. ....	84
5.2	Recomendaciones.....	87
	Referencias.....	90

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXOS .....	92
Anexo A: Cuestionario de Pre saberes .....	92
Anexo B: Guía en la construcción de un microscopio casero .....	100
Anexo C: Encuesta de satisfacción .....	108
Anexo D: Mapas conceptuales de estudiantes .....	110
Anexo E: Dibujos realizados por un estudiante .....	112

**LISTA DE FIGURAS.**

Figura 1: Teorías del color .....	28
Figura 2: Principio de los filtros de colores .....	29
Figura 3 Diferentes espectros de luz .....	30
Figura 4. Características de una onda de luz.....	31
Figura 5. Comportamiento corpuscular de la luz .....	32
Figura 6. Diagrama de un microscopio compuesto.....	33
Figura 7: Geometría para estimar la apertura numérica del objetivo .....	35
Figura 8. Microscopio con cámara fotográfica acoplada .....	36
Figura 9. Esquema del estoma en la hoja.....	37
Figura 10. Imagen al microscopio de estomas en hojas (foto del autor).....	38
Figura 11. Cloroplasto y sus partes .....	38
Figura 12. Simulaciones sobre teoría del color con SimulPhysics.....	47
Figura 13. Proporciones en la mezcla de diferentes colores para aplicar en plastilina .....	49
Figura 14. Plantilla en Excel para calcular la longitud de onda .....	57
Figura 15 Datos obtenidos por los estudiantes del Semillero de la I.E. León XIII- El Peñol – Antioquia (2016).....	72
Figura 16: Comparación % PRETEST y % POSTEST por pregunta y del grupo .....	76

**LISTA DE FOTOS**

Foto 1. Estudiantes combinando colores azul, rojo y verde .....	48
Foto 2. Gafas 3 D (A) y filtros polarizador-retardador (B) .....	50
Foto 3 Material plástico anisotrópico (A) y colores de interferencia (B) .....	50
Foto 4. Uso de polarizadores y colores de interferencia. ....	51
Foto 5. Espectrómetro utilizado por los estudiantes .....	52
Foto 6. Estudiantes usando el espectrómetro y sus celulares Smartphone .....	53
Foto 7. Espectro luz de lámpara led (A) y luz láser verde atravesando red de difracción (B).....	54
Foto 8. Espectrómetro y cada una de sus partes .....	55
Foto 9. Lente y red de difracción (A), proyección luz blanca sobre mesa de trabajo (B).....	56
Foto 10. Luz de sodio (NaCl con alcohol) y su espectro .....	58
Foto 11. Luz de lámpara fluorescente y su espectro.....	58
Foto 12. Adaptación de un teléfono celular tipo Smartphone a un microscopio óptico escolar	60
Foto 13. Uso de diferentes filtros de luz (A) y su registro fotográfico (B) .....	61
Foto 14. Medición de distancia focal en el laboratorio (A), imagen obtenida al usar una lente convergente (B) y aumento de un texto usando una lupa (C) .....	61
Foto 15. Imagen real proyectada sobre papel mantequilla obtenida de un microscopio óptico	63
Foto 16. Determinación del diámetro “d” del campo visual.....	63
Foto 17. Epidermis en microscopia de campo oscuro. A la izquierda la imagen en campo claro (normal) y a la derecha la misma imagen pero en campo oscuro .....	66
Foto 18. Muestra anisotrópica en observada con microscopía de polarización.....	67
Foto 19. Microscopio casero ya construido .....	68
Foto 20. Tejido de <i>Áscaris lumbricoides</i> utilizando diferentes filtros de colores.....	69
Foto 21 . Burbujas de oxígeno como indicativo de la actividad fotosintética .....	71

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1 Longitudes de onda del espectro de luz visible .....	32
Tabla 2: Aumento del objetivo y el ocular .....	33
Tabla 3. Poder de resolución de un objetivo.....	34
Tabla 4 Fases de intervención para el proyecto.....	45
Tabla 5: Aumento total para diferentes combinaciones objetivo/ocular del microscopio usado	62
Tabla 6. Diámetro del campo visual en un microscopio escolar. ....	64
Tabla 7. Límite mínimo y máximo de resolución .....	65
Tabla 8 Aumento útil mínimo y Aumento útil máximo en el microscopio .....	65
Tabla 9 Datos experimentales asociados a la cantidad de burbujas de oxígeno liberadas al exponer la <i>Elodea</i> sp. a diferentes longitudes de onda .....	71
Tabla 10 Factor de Hake y Nivel de aprendizaje .....	75
Tabla 11 Factor de Hake por grupo de preguntas similares .....	76
Tabla 12 Porcentaje de respuesta a la encuesta de Satisfacción.....	79

## INTRODUCCIÓN.

### **"La práctica sin teoría es ciega y la teoría sin práctica es estéril" (Kant, 1793)**

La enseñanza de las ciencias naturales se convierte en un interesante reto para el docente, ya que los contenidos procedimentales no solo se limitan a transmitir conceptos teóricos, sino a fortalecer aprendizajes significativos a través de la experimentación. Es en esta última en donde el presente proyecto se centra haciendo énfasis en el uso de las nuevas tecnologías para la información y la comunicación (NTIC).

En la teoría del aprendizaje significativo, los nuevos conocimientos que adquieren los estudiantes, enriquece y mejora los conocimientos previos con que llega el alumno al aula de clase (Moreira, 2005). Pero para conseguir un buen aprendizaje significativo (según Gowin, 1981, citado por Moreira), el estudiante debe tener una muy buena disposición para aprender y así despertar en él esa motivación por adquirir nuevos conceptos bajo el marco de un análisis crítico y autónomo, formando parte de una realidad práctica y cada vez menos teórica. Es en esta base constructivista en la que se apoya este proyecto, en donde el aprendizaje de los nuevos conceptos científicos se soporta en la experimentación usando las NTIC, como por ejemplo, los dispositivos móviles, los PCs (y servicios asociados a estos, Internet, redes sociales,...), sobre las cuales los estudiantes tienen gran dominio y las cuales generan asombro al ser utilizadas en sus experimentos cumpliéndose lo sugerido por Ausubel en su teoría constructivista para lograr un ambiente óptimo en el cual se llevará a cabo el proceso enseñanza-aprendizaje. En síntesis, la metodología experimental que se usa en esta propuesta genera ambientes de aprendizaje flexibles y dinámicos que se adecúan a las necesidades de los estudiantes, que favorecen la interacción y la participación colectiva

que estimule el desarrollo de destrezas de pensamiento, trabajo cooperativo y transversalidad de saberes, para lograr mejorar las competencias científicas de los estudiantes.

El grupo para hacer un estudio de caso de la propuesta se conforma con 13 estudiantes del grado 9 de la institución educativa León XIII del municipio de El Peñol en Antioquia.

Se elige para realizar la intervención cuatro temas: teoría del color, espectroscopia, microscopia y fotosíntesis, los cuales se abordan en forma experimental y en donde se hace énfasis el uso de las NTIC. Parte del equipo lo construyen los jóvenes.

En el primer tema se estudia las teorías aditiva y sustractiva del color. Se comienza haciendo el aprendizaje a través de simulaciones y se termina realizando varias actividades experimentales como el análisis de la mezcla de rayados con lápices de color, análisis de la luz de los PCs, obtención de colores por interferencia de la luz usando los filtros de las gafas 3D que se usan actualmente en el cine 3D.

En el segundo tema, se trabaja con las huellas espectroscópicas de diferentes fuentes de luz, y tal vez una de las situaciones más interesantes para, los estudiantes, es que descubran aplicaciones de este concepto en particular, para determinar de manera indirecta la composición química de las estrellas. Además los estudiantes descubren cómo determinar diferentes longitudes de onda asociadas al segmento de luz visible y cómo esta información se usa para hacer un mejor análisis del proceso biológico-químico-físico de la fotosíntesis.

En el tercer tema, se trata fundamentos de la microscopia y se definen estrategias que permiten convertir un microscopio óptico básico de colegio, en un microscopio semiprofesional que facilita el capturar de manera digital imágenes de muestras microscópicas que después podrán ser procesadas y analizadas utilizando programas gratuitos para este fin y que están disponibles en la Internet. Complementando lo anterior, se estimula el aprender-haciendo, ya que se diseña y construye un microscopio casero de bajo costo y al que se le puede acondicionar teléfonos celulares tipo Smartphone para el registro fotográfico o fílmico de muestras microscópicas de gran interés para los estudiantes.

Y en el cuarto tema se hace un experimento de introducción al estudio de la fotosíntesis observando la actividad fotosintética de una planta acuática a través de la cuantificación de burbujas de oxígeno como producto consecuente de la fotosíntesis, exponiendo la planta a luz de diferentes longitudes de onda.

El presente informe consta cinco capítulos y cinco anexos. En el capítulo 1 se presenta los aspectos preliminares de la propuesta. El segundo capítulo corresponde al marco teórico y en el cual se presenta en primera instancia una revisión muy básica de la teoría constructivista en la cual se apoya este trabajo, en segunda instancia se hace un resumen muy básico de las bases disciplinares necesarias para abordar los temas elegidos en el estudio de caso que se realiza y en tercera instancia se hace una revisión de algunos antecedentes encontrados similares a esta propuesta. En el tercer capítulo se describe con detalle el procedimiento (las actividades) seguido en la implementación del proceso enseñanza-aprendizaje de los temas elegidos (este es el cuerpo central del trabajo). En el

cuarto capítulo se analiza los resultados obtenidos y se presenta la medición de los logros de la intervención. En el capítulo cinco se presentan las conclusiones y se hacen recomendaciones.

El anexo A lo compone el cuestionario que se usa para hacer una evaluación cuantitativa de la aplicación de la propuesta, el cual se aplica antes y después de ésta. El anexo B es una guía que permite la construcción de un microscopio casero digital usando un teléfono celular. El Anexo C hace referencia a una encuesta de satisfacción por parte de los estudiantes una vez terminada la aplicación de las estrategias pedagógicas propuestas en el presente trabajo. En el Anexo D están los mapas conceptuales que hicieron los estudiantes del semillero divididos en tres equipos, para que cada uno desarrollara alguno de los conceptos aprendidos en la intervención. Por último está el anexo E donde se ilustran algunos dibujos hechos por uno de los estudiantes.

## Capítulo 1

### 1 Descripción del problema y Objetivos.

¿Cómo aprovechar las NTIC como estrategia didáctica para conseguir aprendizajes significativos a través de la experimentación en estudiantes de grado noveno de la institución educativa León XIII del municipio de El Peñol?

#### 1.1 El problema.

Una gran dificultad que se detecta en la enseñanza de las ciencias naturales en básica secundaria, es la poca o nula asimilación y apropiación de los nuevos conocimientos para insertarlos adecuadamente en la cotidianidad. Esto se debe en gran parte por la poca experimentación con la que se enfrenta el proceso de enseñanza-aprendizaje de estas asignaturas. Una de las razones de esta baja intensidad en experimentación es porque se tiene la sensación de que para esto se necesitan laboratorios generosamente dotados de equipos y espacios para la ejecución de variadas experiencias.

Es propósito de este trabajo mostrar que es posible diseñar estrategias didácticas que ayuden a cambiar y promover el aprendizaje crítico significativo apoyando éstas en las NTIC, debido a que son ampliamente dominadas por los estudiantes y despiertan gran interés en ellos. La intervención de esta propuesta se realiza en un grupo de 13 estudiantes del grado noveno de la institución educativa León XIII del municipio de El Peñol.

#### 1.2 La pregunta.

¿Lograrán un buen nivel en la ganancia de aprendizaje de conceptos de las ciencias naturales el grupo de estudiantes de grado 9 de la Institución Educativa León XII del municipio el Peñol-Antioquia elegidos para la intervención, empleando una metodología

con enfoque constructivista con énfasis en actividades esencialmente experimentales usando las denominadas NTICs?

### **1.3 El contexto.**

La institución educativa León XIII, ubicada en el municipio de El Peñol a unos 60 kilómetros de Medellín, es la única opción educativa urbana con que cuentan los estudiantes de la región, aunque existen algunas escuelas rurales que también hacen parte de la oferta educativa del municipio.

Con cerca de 2500 estudiantes entre pre escolar y grado 11°, el León XIII ya cuenta con 104 años de haber sido fundada y sus instalaciones a pesar de ser amplias y hace dos años haber sido declarada como el colegio digital más grande de Antioquia, no tiene en su planta física, instalaciones de laboratorios adecuadas para impartir prácticas de biología y ciencias naturales en general.

Los docentes, por ejemplo con unos pocos microscopios ópticos algo defectuosos, imparten conceptos de microscopia muy básicos, pero teniendo que desplazar los equipos al aula de clase, o en otros casos proponer una determinada práctica y que los estudiantes en casa tengan el montaje del experimento y desde allí ir avanzando en el desarrollo de las experiencia e ir recopilando la información necesaria.

Es entonces cuando se hace necesario buscar alternativas no solo prácticas sino también económicas que permitan trascender la teoría más allá del tablero y el aula de clase, a experiencias innovadoras y que despierten en los estudiantes el deseo de investigar y ser protagonistas directos de los cambios físicos, químicos o biológicos, que antes veían en los textos guías, en la internet y en otras fuentes de consulta y que ahora lo pueden

plasmarse de forma directa y efectiva. Es entonces cuando se puede hablar de un aprendizaje significativo, desde el enfoque constructivista, que forme estudiantes de pensamientos críticos, analíticos y propositivos frente a los resultados obtenidos en los experimentos acordados con el docente de ciencias naturales.

#### **1.4 Objetivos.**

##### **1.4.1 Objetivo General.**

Implementar una propuesta metodológica con enfoque constructivista para la enseñanza y aprendizaje de conceptos de las ciencias naturales mediante actividades experimentales apoyadas en las NTIC.

Los temas elegidos para realizar la intervención son: teoría del color, fundamentos de espectroscopia, fundamentos de microscopia y el proceso de la fotosíntesis.

##### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Establecer el estado inicial (es decir, pre-instrucción), que poseen los estudiantes sobre los conceptos de ciencias naturales a profundizar en este proyecto.
- Recopilar y/o desarrollar material didáctico que sea potencialmente significativo para los estudiantes y que permita la apropiación de los conceptos de ciencias naturales elegidos en esta intervención.
- Aplicar el material didáctico mediante actividades constructivistas que faciliten la apropiación de los conceptos de ciencias naturales elegidos en esta intervención.
- Establecer el estado final (es decir, post-instrucción) que poseen los estudiantes sobre los conceptos de ciencias naturales elegidos en esta intervención.

- Estimar la ganancia de aprendizaje en los estudiantes sobre los conceptos de ciencias naturales estudiados en el presente proyecto.
- Evidenciar cualitativamente el nivel de adquisición que lograron los estudiantes sobre los conceptos de ciencias naturales tratados en la intervención.

## Capítulo 2

### 2 Marco referencial.

#### 2.1 Marco teórico.

El docente en ciencias, debe ser consciente de que teoría sin práctica, es un proceso estéril en la mente creativa de los estudiantes, es entonces importante entender que en las escuelas y colegios se debe implementar estrategias que permitan unir la experimentación con la confrontación teórica y dejar que los estudiantes descubran por sí mismos, muchas de las teorías que en clase se trabajan.

Según Séré, M. (2002), plantea diferentes tipos de resultados al momento de trabajar tanto la teoría como la experimentación, y los organiza de la siguiente manera:

- *Comprender* la teoría, es decir, los conceptos, los modelos, las leyes, los razonamientos específicos, que muy a menudo difieren notablemente de los razonamientos corrientes.
- *Aprender* toda esta teoría.
- *Realizar* experiencias mostrando un cierto número de realidades, hechos y aparatos que utilizan teorías y procedimientos, para adquirir la experiencia, en el sentido que se da a este término en inglés.
- *Aprender* a rehacer las mismas experiencias con los mismos procedimientos.
- *Aprender* los procedimientos y los caminos para poder utilizarlos cuando se trate de realizar otras experiencias en otros contextos.
- *Aprender* a usar el saber teórico aprendido para que esté presente y sea utilizado cuando se trate de realizar un proceso completo de investigación.

Como se puede observar se trabajan conceptos como comprender, aprender, aprender a rehacer, aprender los procedimientos y el saber usar ese saber teórico como recursos para que los estudiantes tomen sus propias decisiones, sean proactivos, con iniciativa, curiosos, cuestionadores y sobre todo muy analíticos frente a los resultados experimentales al compararlos con datos teóricos previamente estudiados.

## **2.2 Referente pedagógico.**

En este proyecto se tendrán en cuenta el aprendizaje significativo crítico propuesto por Moreira (2005) y el constructivismo, propuesto por Requena, S. R. H. (2008) enfocado a las nuevas tecnologías aplicadas en el proceso de aprendizaje.

La propuesta de enseñanza aprendizaje elaborada en este proyecto orienta la construcción del conocimiento a través de actividades basadas en experimentos y que apoyadas por el uso de nuevas tecnologías, los estudiantes pueden enfrentar los procesos de aprendizaje según sus inquietudes, necesidades y posibles expectativas, ampliando su experiencia de aprendizaje y que las clases tradicionales se conviertan en clases divertidas, más participativas y creativas, que le permitan aprender de manera voluntaria y efectiva. Se destaca entonces que a través del modelo pedagógico constructivista, de manera ideal, el alumno es capaz de apropiarse y construir su propio conocimiento, donde el docente solo es un orientador, garantizando que el estudiante explore su propio ambiente y se convierta el docente, en guía de ese nuevo conocimiento adquirido por el estudiante.

Es destacable que el constructivismo en la enseñanza de las ciencias naturales, lleva a que el alumno construye el conocimiento por sí mismo y que cada estudiante construye significados a medida que va aprendiendo.

Respecto al aprendizaje significativo, Moreira (2005) dice que *una buena enseñanza debe ser constructivista, promover el cambio conceptual y facilitar el aprendizaje significativo. Es probable que la práctica docente aún tenga mucho del conductismo pero el discurso es cognitivista/constructivista/significativo. Lo que se quiere decir es que puede no haber habido, aún, un verdadero cambio conceptual en este sentido, pero parece que se está caminando en esa dirección.*

Según Ausubel, citado por Moreira (2005), el aprendizaje significativo, es el proceso a través del cual el nuevo conocimiento se relaciona de manera no arbitraria y no literal con la estructura cognitiva de la persona que aprende.

Cuando hay un aprendizaje arbitrario y literal, se habla de un aprendizaje mecánico o automático, situación contraria al aprendizaje significativo, donde se tiene en cuenta el aprendizaje de significados de símbolos – las palabras – o el aprendizaje de lo que ellas representan.

Para Ausubel, cuando el material de aprendizaje no es potencialmente significativo (no relacionable de manera sustantiva y no-arbitraria a la estructura cognitiva), no es posible el aprendizaje significativo.

### **2.2.1 El enfoque constructivista.**

Jonassen, 1994 citado por Requena dice que el aprendizaje constructivista se puede diferenciar por ocho características:

- El ambiente constructivista en el aprendizaje provee a las personas del contacto con múltiples representaciones de la realidad;

- Las múltiples representaciones de la realidad evaden las simplificaciones y representan la complejidad del mundo real;
- El aprendizaje constructivista se enfatiza al construir conocimiento dentro de la reproducción del mismo;
- El aprendizaje constructivista resalta tareas auténticas de una manera significativa en el contexto en lugar de instrucciones abstractas fuera del contexto;
- El aprendizaje constructivista proporciona entornos de aprendizaje como entornos de la vida diaria o casos basados en el aprendizaje en lugar de una secuencia predeterminada de instrucciones;
- Los entornos de aprendizaje constructivista fomentan la reflexión en la experiencia;
- Los entornos de aprendizaje constructivista permiten el contexto y el contenido dependiente de la construcción del conocimiento;
- Los entornos de aprendizaje constructivista apoyan la «construcción colaborativa del aprendizaje, a través de la negociación social, no de la competición entre los estudiantes para obtener apreciación y conocimiento»

### **2.2.2 La teoría del aprendizaje significativo.**

El aprendizaje significativo se caracteriza por la interacción entre los nuevos conocimientos y los conocimientos previos con que cuentan los estudiantes, donde se enriquece el conocimiento previo y el nuevo conocimiento adquiere nueva significación.

En este tipo de aprendizaje se hace una reconciliación integradora que permite identificar semejanzas y diferencias que ayudan a reorganizar el conocimiento previo con el conocimiento recientemente adquirido.

A través del aprendizaje significativo crítico el estudiante puede hacer parte de su cultura y como lo que está aprendiendo realmente si le va a servir a ser una persona activa e importante para la sociedad.

La enseñanza centrada entre la interacción por parte del docente y el alumno favorece el intercambio de preguntas, trayendo como resultado un pensamiento más crítico frente a cualquier fenómeno que se presente y el alumno estará en condiciones de cuestionar y no creerse todo lo que le dicen.

Para Romero Ariza, M., y Quesada, A. (2014) dicen que de acuerdo con la visión constructivista, los individuos aprenden significativamente cuando son capaces de encontrarle sentido al nuevo conocimiento al conectarlo con lo que ya saben, o integrarlo dentro de sus propios esquemas cognitivos. Desde este punto de vista, el conocimiento preexistente juega un papel clave en la capacidad del sujeto para asimilar nueva información de forma duradera y eficaz. Y para lograrlo se vale del buen uso de las NTIC en ambientes escolares, el éxito o el fracaso en el aprendizaje significativo utilizando estos recursos, depende en buena parte de la orientación que el docente haga al respecto y pueda canalizar la curiosidad y deseo de aprender con los estímulos positivos frente a los diferentes retos que se encuentran en decenas de aplicaciones interactivas disponibles en internet.

### **2.3 Referente disciplinar.**

En este proyecto de grado se trabajan cuatro temas importantes en la enseñanza de las ciencias para los grados de básica secundaria: la teoría del color, la espectroscopia, la microscopía y la fotosíntesis.

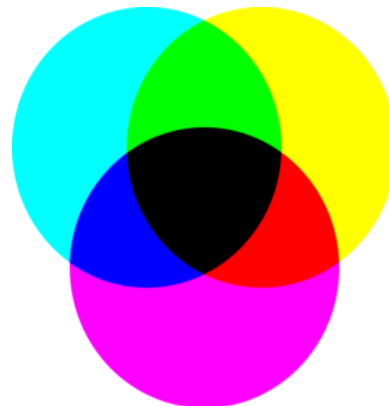
### 2.3.1 Teoría del color

Los colores producidos por luces (ejemplo: pantalla de computador, en el cine, televisión, etc.) tienen como colores primarios, el rojo, el verde y el azul (RGB por sus nombres en inglés) cuya fusión de estos, crean y componen la luz blanca, por eso a esta mezcla se le denomina, síntesis aditiva, Figura 1 A, y las mezclas parciales de estas luces dan origen a la mayoría de los colores del espectro visible.

Los colores sustractivos, son colores basados en la luz reflejada de los pigmentos aplicados a las superficies. Forman esta síntesis sustractiva, el color magenta, el cian y el amarillo (CMY por sus nombres en inglés). Son los colores básicos de las tintas que se usan en la mayoría de los sistemas de impresión. La mezcla de estos tres colores primarios pigmento en teoría debería producir el negro, por lo cual esta mezcla es conocida como síntesis sustractiva, Figura 1 B.



A. SÍNTESIS ADITIVA DEL  
COLOR

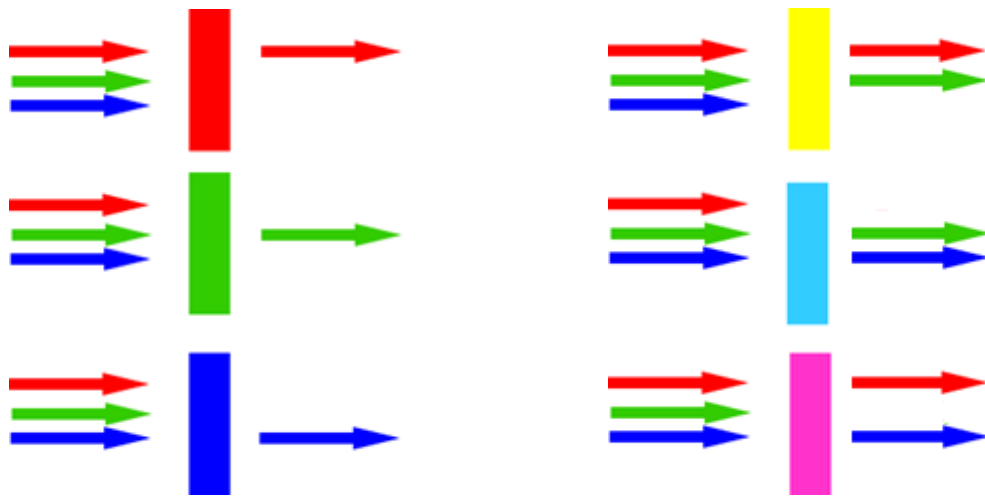


B. SÍNTESIS SUSTRATIVA DEL  
COLOR

**Figura 1: Teorías del color**

### ¿Qué es un filtro?

Cuando la luz atraviesa un filtro de color, éste absorbe (sustrae) todas las luces excepto la luz de su propio color, Figura 2 A. Uno de un color complementario (amarillo, por ejemplo) sustrae a la luz el azul, pero deja pasar a los otros dos (rojo + verde=amarillo), Figura 2 B esta es la forma como obtienen sus colores los pigmentos (pinturas, objetos, etc.).



A. Filtros de colores primarios

B. Filtros de colores complementarios

**Figura 2: Principio de los filtros de colores**

### ¿Qué es un pigmento?

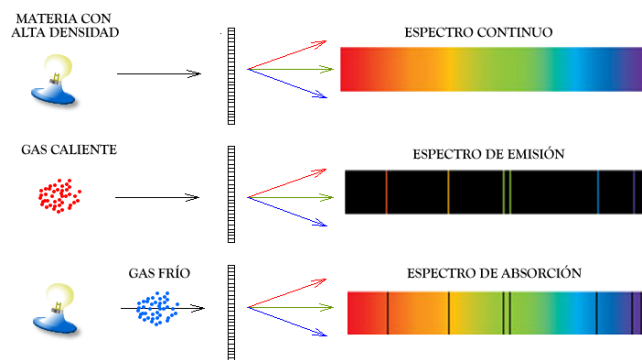
Un pigmento es cualquier sustancia que absorba la luz. El color del pigmento está dado por la longitud de onda no absorbida (y por lo tanto reflejada). Los pigmentos negros absorben todas las longitudes de onda que les llega. Los pigmentos blancos reflejan prácticamente toda la energía que les llega. Los pigmentos tienen un espectro de absorción característico de cada uno de ellos.

## La clorofila

La clorofila, el pigmento verde común a todas las células fotosintéticas, captura en su mayoría la luz en los entornos del azul (400–500 nm) y del rojo (600–700 nm), que corresponden a los extremos del espectro visible de la luz solar y refleja la luz de la parte media del espectro y correspondiente al color verde (500–600 nm) dando a las plantas su color. La energía absorbida, la planta la utiliza para realizar el proceso de fotosíntesis.

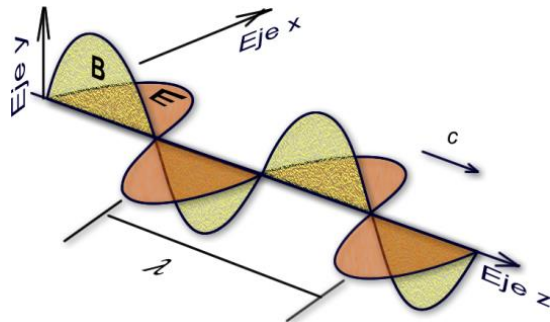
### 2.3.2 Espectroscopia:

La espectroscopia es el estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, con absorción o emisión de energía radiante Figura 3. Tiene aplicaciones en astronomía, física, química y biología entre otras disciplinas del conocimiento humano. Este trabajo se concentra en la espectroscopia en el visible.



**Figura 3** Diferentes espectros de luz.

Según la teoría clásica de la radiación electromagnética, la luz es una onda electromagnética que pueden ser percibidas por el ojo humano o por aparatos inventados por el hombre para tal fin. Como toda onda, la luz tiene longitud de onda ( $\lambda$ ), velocidad de propagación ( $c=300\ 000\ \text{km/s}$  en el vacío) y frecuencia ( $f$ ), Figura 4.

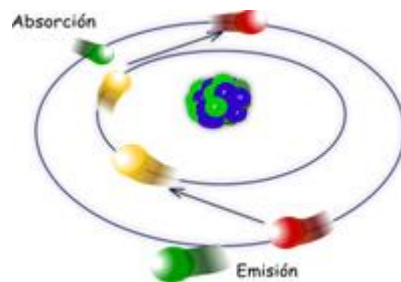


**Figura 4. Características de una onda de luz.**

La longitud de onda (periodo espacial) corresponde a la distancia que recorre la luz en un periodo temporal ( $P=1/f$ ) y por lo tanto se cumple,

$$\lambda f = c$$

Desde el punto de vista cuántico la luz tiene comportamiento corpuscular: ésta es emitida o absorbida por los átomos o moléculas por cuantos denominados hoy en día con el nombre de fotones, Figura 5.



### Figura 5. Comportamiento corpuscular de la luz.

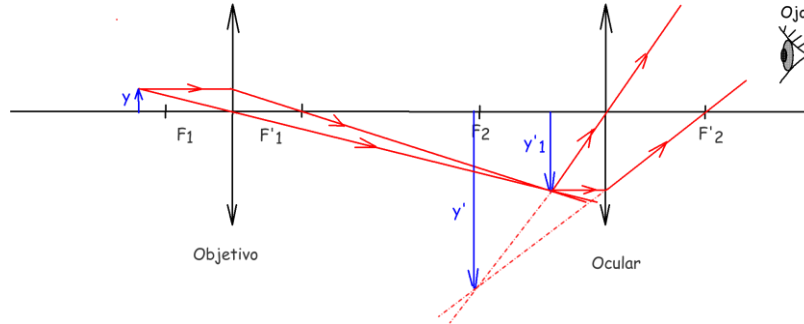
El espectro visible se extiende desde longitudes de onda (en el vacío) de 380 nm hasta 750 nm (1 nanómetro (nm) =  $1 \times 10^{-9}$  m). En la tabla 1 se ilustra los anchos de banda para cada color.

Tabla 1 Longitudes de onda del espectro de luz visible

Espectro	Color	Longitud de onda ( $\lambda$ ) en (nm)
	Violeta	380–450
	Azul	450–495
	Verde	495–570
	Amarillo	570–590
	Naranja	590–620
	Rojo	620–750

### 2.3.3 Microscopía

En la Figura 6 se representa el diagrama de un microscopio compuesto. Consta de dos lentes convergentes. La lente más próxima al objeto se denomina **objetivo**, forma una imagen real, invertida y de mayor tamaño que el objeto. La lente más próxima al ojo se denomina **ocular** y permite observar la imagen formada por el objetivo (logra que veamos la imagen del objetivo con un ángulo aparente mayor que si el objeto estuviera en el punto próximo del ojo). La imagen final dada por el microscopio es virtual, invertida (derecha respecto a la imagen del objetivo) y de mayor tamaño: la imagen final después de pasar por el ojo se forma en la retina. Cuando el ocular se reemplaza por la cámara digital, la imagen real dada por el objetivo se proyecta sobre el área sensora de ésta.



**Figura 6. Diagrama de un microscopio compuesto.**

Tres aspectos básicos de los microscopios son: aumento, resolución y contraste.

### Aumento

El aumento (M) se obtiene realizando el producto entre el aumento del objetivo y el aumento del ocular. En la tabla 2 se citan algunos ejemplos.

**Tabla 2: Aumento del objetivo y el ocular**

Objetivo	Ocular	Aumento total (M)
7X	10X	70X
15X		150X
40X		400X

Cuanto mayor es el aumento del objetivo más cerca está la muestra del objetivo y menor es el diámetro de la lente por lo que llega menos luz al ojo. A mayor aumento menos luminosidad.

El campo visual de un microscopio es la zona circular que se observa al mirar la preparación bajo un determinado aumento. El aumento (M) y el diámetro del campo visual (D) son inversamente proporcionales, es decir se cumple,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

### Resolución

Se define como **poder de resolución d de un objetivo de microscopio** a la distancia mínima que debe existir entre dos puntos del objeto para que se puedan visualizar como dos puntos separados. La calidad de una imagen, en la que se observe la claridad, nitidez y la riqueza de detalles, depende del poder de resolución del objetivo.

En la Tabla 3 se dan los límites de resolución típicos de tres instrumentos ópticos.

**Tabla 3. Poder de resolución de un objetivo**

INSTRUMENTO	LÍMITE DE RESOLUCIÓN ( $d_{\min}$ )		
	En mm	En $\mu\text{m}$	En nm
OJO HUMANO	0,2	200	200 000
MICROSCOPIO ÓPTICO	0,0002	0,2	200
MICROSCOPIO ELECTRÓNICO	0,000002	0,002	2

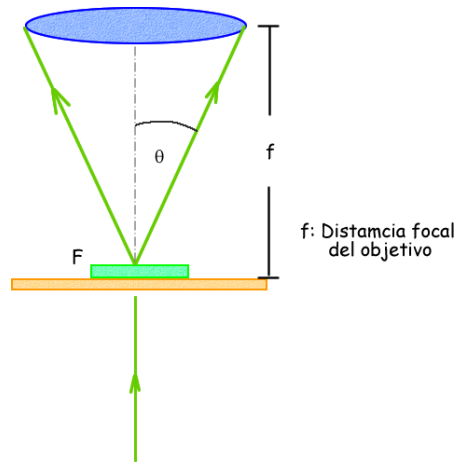
El poder de resolución ( $d_{\min}$ ) de un objetivo depende de la longitud de onda en el vacío ( $\lambda_0$ ) de la luz que se utiliza y de su apertura numérica (A.N.),

$$d_{\min} = 0,61 \frac{\lambda_0}{(\text{A.N.})}$$

La apertura numérica mide la capacidad de dejar pasar órdenes de difracción en una lente: en el caso del microscopio se trata de la lente objetivo. La fórmula para calcularla es la siguiente,

$$\text{A.N.} = n \sin \theta$$

Aquí  $n$  es el índice de refracción del medio en donde está la lente (1,0 para aire y 1,56 para aceites de inmersión) y  $\theta$  es la mitad del ángulo de apertura (ángulo hasta donde se logran captar los rayos luminosos refractados cuando éstos atraviesan un medio transparente), Figura 7.



**Figura 7: Geometría para estimar la apertura numérica del objetivo**

### Contraste

El contraste de una imagen se refiere en esencia a la diferencia entre las áreas más claras y oscuras. Es aquí en donde se concentran fundamentalmente las diferentes técnicas de microscopía: campo claro, campo oscuro, de polarización, de contraste de fase e interferencial.

La microscopía de campo claro es la más básica. Se ilumina la muestra y se hace la observación. En la de campo oscuro se elimina el orden de difracción cero para eliminar la luz del fondo de la imagen. En las otras tres técnicas mencionadas arriba se usa el fenómeno de interferencia para obtener zonas de interferencias constructivas y destructivas que logran aumentar el contraste de la imagen a observar.

En la Figura 8 se ilustra un microscopio al que se le ha adaptado una cámara para obtener imágenes o vídeos de las muestras.



**Figura 8. Microscopio con cámara fotográfica acoplada**

**Tomado de:** [http://mercalab.com/1121-home\\_default/microscopio-trinocular-con-camara-digital-30-mp-40x-2000x-amscope.jpg](http://mercalab.com/1121-home_default/microscopio-trinocular-con-camara-digital-30-mp-40x-2000x-amscope.jpg)

#### **2.3.4 Fotosíntesis.**

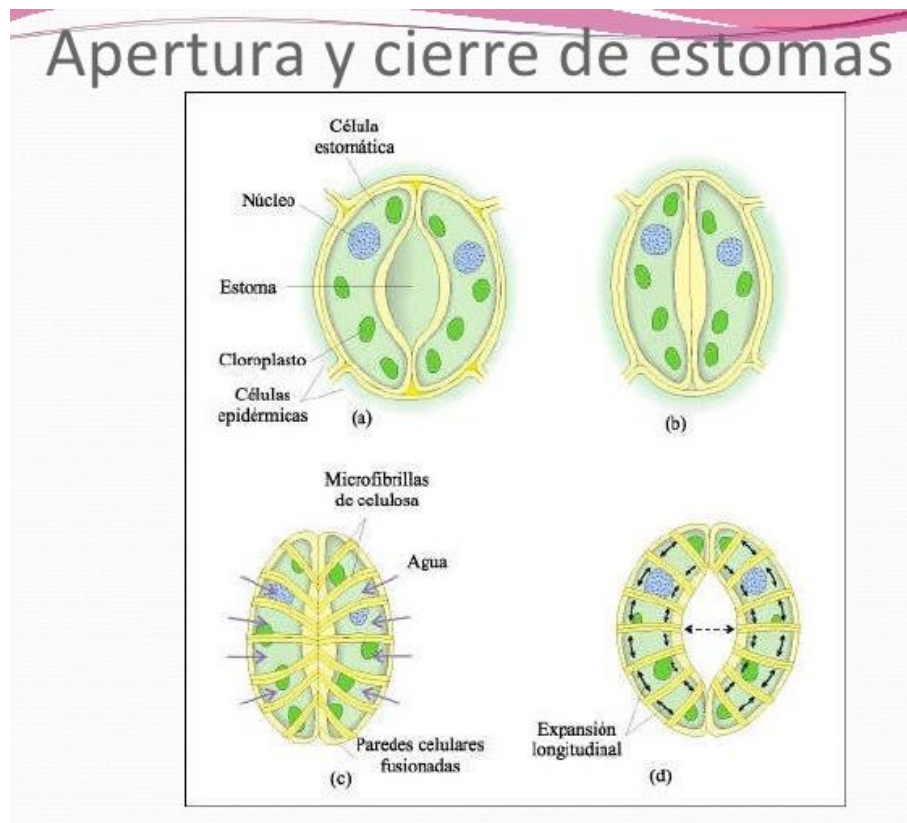
La fotosíntesis es el proceso por el cual algunos organismos (plantas, algas eucariotas y ciertos procariontes) pueden convertir la energía del sol en energía química, representada en azúcares que en el caso de las plantas, sirven de alimento a muchos herbívoros y estos a su vez en la cadena alimenticia a otro grupo de organismos, los carnívoros.

De manera muy sencilla se puede decir que a partir de moléculas de  $\text{CO}_2$  y agua  $\text{H}_2\text{O}$ , la fotosíntesis convierte la luz solar en moléculas de azúcar, representadas en la glucosa  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  y libera oxígeno ( $\text{O}_2$ ), su ecuación química tradicional es:

#### **Ecuación de la fotosíntesis.**

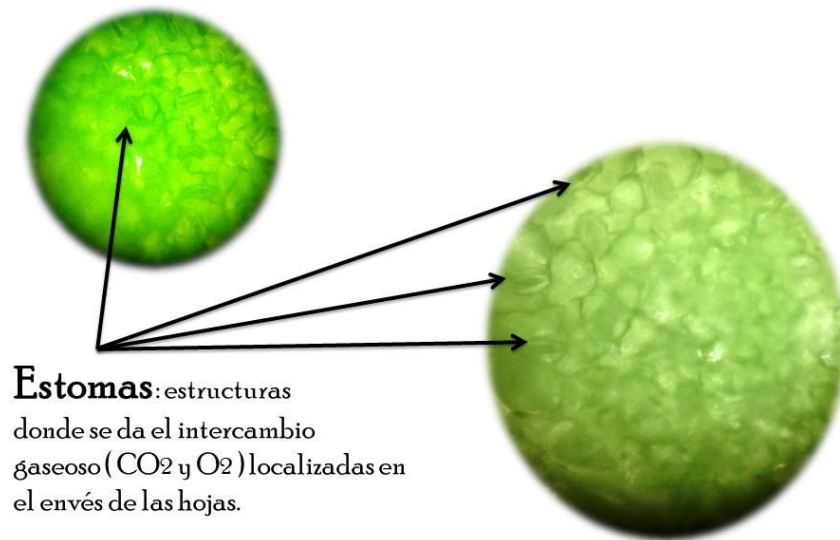


Las hojas de las plantas obtienen el  $\text{CO}_2$  para la fotosíntesis del aire, ingresando a la planta a través de los estomas que se abren y cierran para regular el intercambio de gases entre la planta y el aire que le rodea. Figuras 9 y 10.



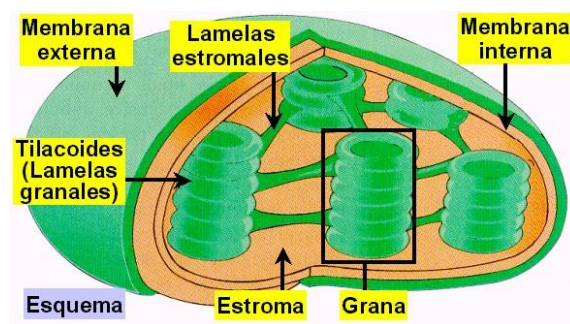
Tomado de: <http://image.slidesharecdn.com/5-fotosntesis-110922062540-phpapp01/95/5-fotosntesis-48-728.jpg?cb=1316673227>

**Figura 9. Esquema del estoma en la hoja.**



**Figura 10. Imagen al microscopio de estomas en hojas (foto del autor).**

Dentro de la hoja hay unas capas de células llamadas mesófilos, estas células contienen casi todos los cloroplastos de las hojas, y es en éstos donde se realiza el proceso fotosintético. Figura 11.



**Tomado de:**

[http://www.euita.upv.es/varios/biologia/images/Figuras\\_tema11/figura11\\_18c.jpg](http://www.euita.upv.es/varios/biologia/images/Figuras_tema11/figura11_18c.jpg)

**Figura 11. Cloroplasto y sus partes.**

Los cloroplastos son organelas que consisten de una doble membrana externa que encierra un medio semi-líquido, el **estroma**. Incrustadas en el estroma están las bolsas membranosas interconectadas en forma de disco, llamadas **tilacoides**.

Las reacciones químicas de la fotosíntesis que dependen de la luz ocurren dentro de las membranas de los tilacoides; mientras que las reacciones fotosintéticas que pueden continuar durante cierto tiempo en la oscuridad se realizan en el estroma circulante.

La fotosíntesis depende entonces de dos tipos de reacciones: las reacciones dependientes de la luz y las reacciones independientes de ella.

### **Reacciones dependientes de la luz:**

La clorofila y otras moléculas de la membrana de los tilacoides captan la energía de la luz solar y convierten una parte de ella en energía química almacenada en moléculas portadoras de energía (ATP y NADPH). Como productos se libera oxígeno ( $O_2$ ). Estas reacciones tienen las siguientes características:

- Se realiza en forma no cíclica mediante un proceso llamado Fotofosforilación Acíclica.
- Se produce en los tilacoides o sacos membranosos aplanados y apilados en forma de monedas del Cloroplasto.
- Los fotones de luz solar son absorbidos por las clorofilas principales en los 2 sistemas pigmentarios o fotosistemas, la clorofila P700 en el Fotosistema I y la clorofila P680 en el Fotosistema II transformándolas en energía química en forma de ATP y una coenzima reducida que representa una fuente altamente reductora como la  $NADPH_2$ .

- Se libera periódicamente  $O_2$  molecular hacia la atmósfera mediante un proceso llamado fotólisis de la molécula de  $H_2O$ .
- Se forma ATP mediante fotofosforilación, el fósforo inorgánico que se adjunta al ADP para formar y liberar ATP proviene de los fotones de luz solar.

### **Reacciones independientes de la luz:**

Las enzimas del estroma utilizan la energía química de las moléculas portadoras (ATP y NADPH) para impulsar la síntesis de glucosa u otras moléculas orgánicas.

Las características de esta fase oscura de la fotosíntesis son:

- En la fase química ocurre la absorción y fijación de  $CO_2$ , reducción del  $CO_2$  por el  $NADPH_2$ , consumiendo la energía del ATP y produciendo glucosa rica en energía. Ocurre tanto en la presencia cuanto en la ausencia de luz, siendo procesada en el estroma.
- En ausencia de luz, ocurren en el estroma del cloroplasto diversas y complicadas reacciones (ciclo de Calvin), gracias a los cuales se forman las moléculas de azúcares que la planta necesita para vivir.
- El carbono de la molécula de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), que el vegetal extrae del aire, capta los electrones cedidos por las moléculas reductoras presentes en el cloroplasto y pasa a formar parte de una molécula de pentosa, azúcar de 5 átomos de carbono, que más tarde se fracciona en dos moléculas, cada una con tres átomos de carbono.

## 2.4 Antecedentes.

Para Montealbán, J. T., y Chavarría, M. R. (2010) el enseñar conceptos como el de la luz a través de distintas herramientas multimedia permite que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento que permitirá que lleguen a ser autosuficientes, ahora sí adicionalmente a este recurso, se invita a los estudiantes a que con la construcción de sencillos equipos puedan también adquirir aprendizajes significativos se convierte en un gancho académico de fácil aceptación entre los estudiantes.

Para Irlés, M., Ortells, J., de la Calle, F., de la Sen Fernández, M., Araújo, B., y Martínez, P. (2013) el estudio de la célula animal a través de metodologías activas, permite que los estudiantes adquieran habilidades en el laboratorio para montar ellos mismos muestras microscópicas, las cuales con los equipos apropiados puedan registrar los resultados obtenidos. Pero para ello se debe contar con un laboratorio debidamente condicionado y dotado para que no se presenten dificultades al momento de trabajar con grandes grupos de estudiantes. Pero surge la pregunta ¿qué pasa cuando no se cuenta con un laboratorio de ciencias? o en casos más dramáticos, a veces no se tienen ni microscopios para poder trabajar en los respectivos espacios para la experimentación. Este proyecto en parte pretende ayudar a solucionar ese tipo de dificultades.

Para Amud, M. (2014) el uso del microscopio posibilita el acercamiento de lo teórico con lo experimental, utilizando las diferentes aplicaciones digitales para mejorar el análisis y la interpretación de la información obtenida.

Esteve, F. y Gilbert, M. (2011) resalta el papel de las TIC como herramienta administrativa y de gestión, donde se garantice la coherencia y la aplicación de todas las herramientas TIC en el proceso de educación actual.

Freitas, F. et al (2015) habla de la ausencia de laboratorios didácticos en las escuelas públicas de Brasil y como allí solo se cuenta con unas pocas lupas y uno que otro microscopio bueno desde la óptica, dificulta la investigación y el deseo de aprender por parte de los mismos estudiantes. El uso de gadgets electrónicos, cámaras digitales, celulares smartphone y tablets, se convierten en alternativas al microscopio óptico, capaz de ofrecer contribuciones entre otras al proceso de aprendizaje de las ciencias naturales.

Marti, A. y Villalba, M. (2003) plantean que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) están revolucionando nuestro entorno social, efecto que también se deja ver en las aulas. Es así como el alumno ha de aprender ciencia y aprender a hacer ciencia y a ello responde la presencia de los contenidos procedimentales en los currículos de las ciencias modernas.

Para Requena, S. ( 2008 ) las nuevas tecnologías están causando repercusión en el método de aprendizaje de los estudiantes, lo cual deberá provocar transformaciones en la metodología de enseñanza. Los estudiantes tienen la oportunidad de ampliar su experiencia de aprendizaje, al utilizar las nuevas tecnologías como herramientas efectivas para el aprendizaje constructivista.

Para Pósito, R. ( 2012 ) las simulaciones y los diferentes laboratorios, permiten a los alumnos verificar hipótesis, explorar relaciones dinámicas en diferentes entornos y contextos, para analizar escenarios y controlar toma de decisiones.

## Capítulo 3

### 3 Procedimiento de la intervención

Se eligieron cuatro temas de ciencias naturales para realizar la intervención: teoría del color, fundamentos de espectroscopia, fundamentos de microscopía y fotosíntesis.

#### 3.1 Aspectos de diseño e implementación

La intervención es un estudio de caso aplicado a un grupo de 13 estudiantes del grado 9 de la I.E. León XIII del municipio de El Peñol. Como la metodología empleada fue de orientación constructivista del proceso enseñanza-aprendizaje, en su diseño e implementación se cuidó que ésta plasmara los siguientes aspectos:

- Generar una debida motivación en el estudiante.
- El aprendizaje es interactivo, construyendo sobre los conocimientos previos del estudiante.
- El aprendizaje debe ser significativo: relacionar el conocimiento que se va a aprender con el ya adquirido.
- Las actividades educativas requieren que el estudiante participe activamente. Este debe estar comprometido para su participación activa.
- La instrucción debe crear situaciones donde el estudiante interpreta la información para entenderla.
- La metodología debe orientar a que el estudiante pueda hacer experimentos, resolver problemas reales del mundo que lo rodea y favorecer la discusión.

- Las actividades de aprendizaje deben ser ricas y dentro del contexto de un mundo real y auténtico. El conocimiento deber ser susceptible de aplicación a la realidad.
- Estimular el trabajo de grupo (trabajo colaborativo). El estudiante debe intercambiar sus ideas y aprender a negociar con otros y evaluar sus contribuciones en una forma socialmente aceptable.
- Privilegiar las actividades que se enfoquen a la solución de problemas.

Lo primero que se hizo fue una selección y preparación del material didáctico teniendo en cuenta los anteriores aspectos. Esta etapa en principio duró cuatro meses (octubre de 2015 a enero de 2016), sin embargo el material se fue afinando a medida que avanzaba la intervención con base en las necesidades que se iban presentando. Este material se lista a continuación:

- Cuestionario PRE y POST TEST (Anexo A).
- Guía de las actividades sobre fundamentos de Teoría del Color.
- Guía de las actividades sobre fundamentos de Espectroscopia.
- Guía de las actividades sobre fundamentos de microscopia.
- Guía sobre la construcción de un microscopio casero (Anexo B).
- Guía de las actividades sobre fundamentos de fotosíntesis.
- Encuesta de satisfacción (Anexo C).

La intervención se orientó al uso intensivo de las actualmente denominadas NTIC (PC, dispositivos móviles, digitalización de imágenes). Como software de apoyo se usó PhysicsSensor, SimulPhysics, y Excel. Los dos primeros son de libre uso y fueron elaborados por docentes de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia

sede Medellín y se pueden obtener en el siguiente sitio WEB: <http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/index.php/software-hardware>. Los estudiantes también usaron de forma sistemática la Internet para búsqueda y confrontación de información y para el análisis de vídeos sobre los temas tratados. Como hardware fundamental se usó PC, dispositivos móviles (tabletas y celulares), microscopio básico el cual se transformó en uno semiprofesional (adaptándole filtros de las gafas 3D que se usan actualmente en cine y un teléfono celular para digitalizar la imagen), microscopio construido con elementos básicos de muy bajo costo (adaptándole también la tecnología del microscopio anterior), espectrómetro de construcción casera (con tecnología LED para calibración) y acoplado al celular (este dispositivo sirvió para fotografiar los espectros y también como herramienta para la medición de éstos).

La intervención se aplicó a los estudiantes en 7 fases como lo ilustra la Tabla 4. Estas fases se detallan en los siguientes ítems en donde la intensidad horaria tiene en cuenta tanto la instrucción como las actividades que realizan los estudiantes, éstas generalmente en grupos de a dos (uno de tres).

**Tabla 4 Fases de intervención para el proyecto.**

FASE	DURACIÓN EN HORAS
1. Conformación del grupo de estudiantes	2
2. Determinación del estado inicial del grupo	2
3. Fundamentos sobre la teoría del color	4
4. Fundamentos sobre la espectroscopia	6
5. Fundamentos sobre la microscopia	6
6. Fundamentos sobre la fotosíntesis	6
7. Determinación del estado final del grupo	2

### 3.2 Conformación del grupo de estudiantes.

Se hizo una inducción en donde se presenta a los estudiantes del grado 9° los detalles de la intervención académica. Con base en ésta, en la limitación del cupo disponible para conformar el semillero de la intervención y en la disposición de los estudiantes a realizar esta actividad en jornada extracurricular se seleccionaron 13 estudiantes.

### 3.3 Determinación del estado inicial del grupo

Para la determinación del estado inicial sobre conceptos básicos de los cuatro temas a tratar se aplica el pretest (anexo A).

### 3.4 Fundamentos sobre la teoría del color

En esta fase de la intervención se realizaron seis (6) actividades que se describen a continuación.

#### Actividad 1.

Los estudiantes se enfrentan a la teoría aditiva y sustractiva del color mediante el uso de simulaciones de **SimulPhysics**, Figura 12. Estas simulaciones permiten la creación de colores digitales de 8 bits (1 byte), es decir, permite la superposición de tres canales Red, Green y Blue (teoría RGB o teoría aditiva del color) o Cyan, Magenta y Yellow (teoría CMY o teoría sustractiva del color), cada uno con 255 niveles de intensidad para obtener las diferentes gamas de colores.

Con esta actividad los estudiantes logran comprender cómo se construye el denominado espacio de color lo cual los lleva a concluir que con tres luces primarias (R,G,B) se logran obtener luces de todos los colores mediante la modulación de la intensidad de las fuentes de las mismas, ejemplo en las pantallas de computadores,

celulares, tabletas y televisores, o también, cómo se construye el mismo espacio mediante la mezcla de tres colores de tintas o pinturas primarias (CMY), ejemplo en las impresoras, las pinturas caseras, las plastilinas y los pigmentos naturales (esto por absorción selectiva). La actividad se realiza en la sala de sistemas de la institución.

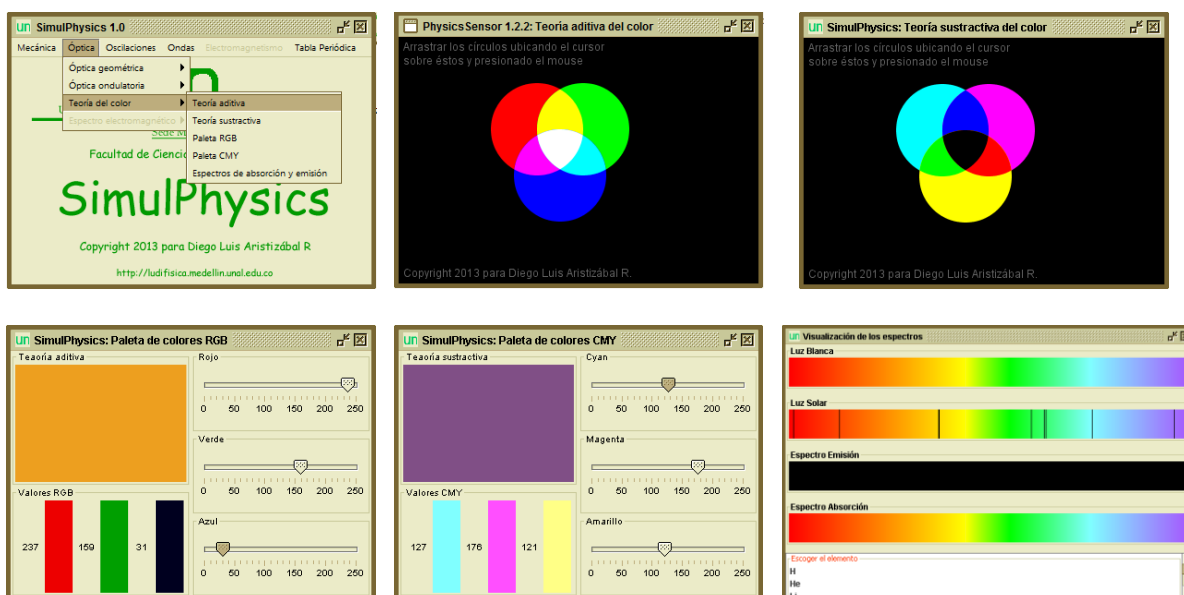


Figura 12. Simulaciones sobre teoría del color con SimulPhysics

Las siguientes cinco actividades reforzaron la comprensión de los estudiantes sobre las teorías básicas del color.

### Actividad 2.

Con un sencillo ejercicio con lápices de colores, rayando con rojo, azul y verde se imitó lo trabajado con **SimulPhysics**, Foto 1. Los estudiantes descubren que no se cumple la teoría aditiva del color para este experimento. Al final se discute y se muestra que los pigmentos, los lápices de color y las tintas cumplen es la teoría sustractiva.



**Foto 1. Estudiantes combinando colores azul, rojo y verde**

### **Actividad 3.**

¿Cómo se forman los colores en una pantalla de computador o en un televisor?

Los estudiantes acercan una lupa para ver los detalles de una imagen blanca en la pantalla del computador. Se observan cuadritos (píxeles) rojos, verdes y azules. Los estudiantes descubren que se cumple la teoría aditiva ya que la mezcla de los tres puede generar el blanco. Se les explica que combinación de éstos con diferente intensidad, tal como se hizo con **SimulPhyscs** en la teoría aditiva, generan el resto de colores

### **Actividad 4.**

¿Cómo se obtiene el tono exacto de una lata de pintura en la fábrica de pinturas?

En esta actividad, los estudiantes intentan obtener nuevos colores empleando plastilinas de diferentes colores y jugando con las proporciones como se ve en la Figura 13.

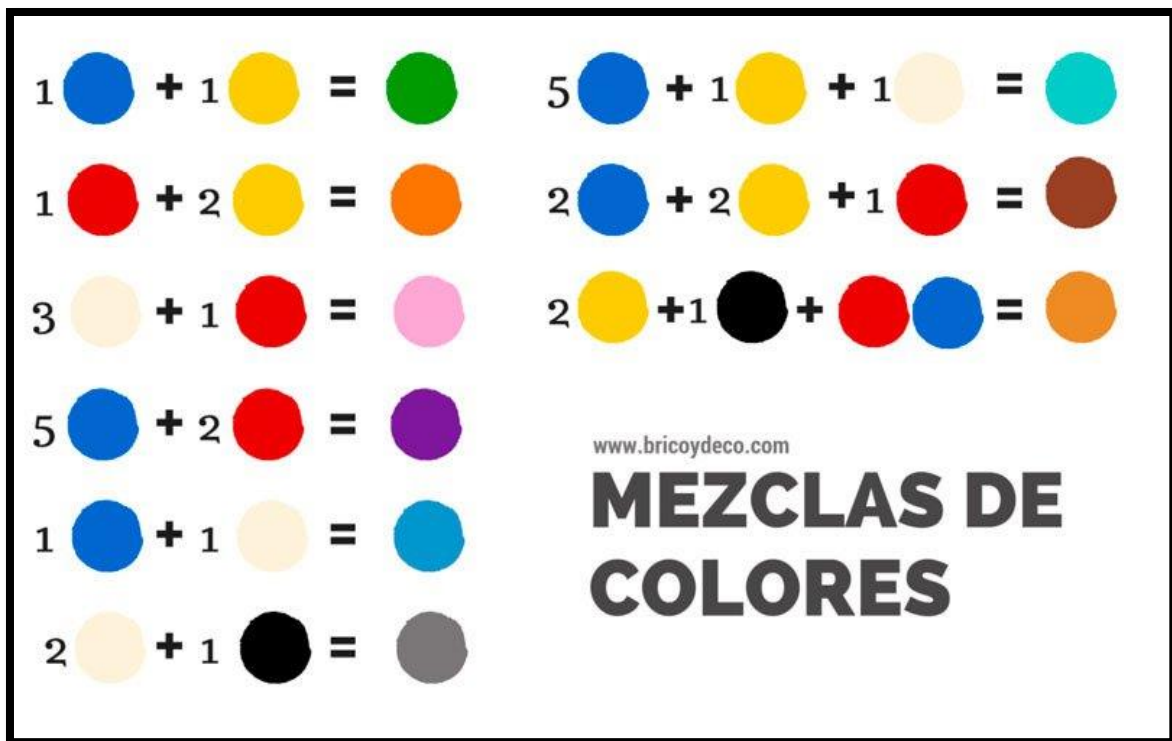


Figura 13. Proporciones en la mezcla de diferentes colores para aplicar en plastilina.

Tomado de: <http://handbox.es/guia-para-hacer-tu-mismo-el-color-de-pintura-con-el-que-renovar-tus-muebles/>

#### Actividad 5.

Se desprendieron los filtros de las gafas 3D, Foto 2. Cada uno de éstos contiene una lámina polarizadora adjunta a una lámina retardadora de un cuarto de longitud de onda. Se hizo una breve explicación del porqué es posible ver en 3D las imágenes especiales de cine (superposición de dos imágenes, una con polarización circular dextrógira y la otra con polarización circular levógira).



**Foto 2. Gafas 3 D (A) y filtros polarizador-retardador (B)**

Los estudiantes ubicaron un medio anisotrópico (por ejemplo una caja plástica), Foto 3 A, entre dos de éstos filtros y observaron los denominados colores de interferencia, Foto 3 B. Se les explica que son los mismos que los generados con las pompas de jabón al incidirle la luz solar. Esta tecnología se aplicó en una de las técnicas de microscopía usadas (microscopía de polarización).

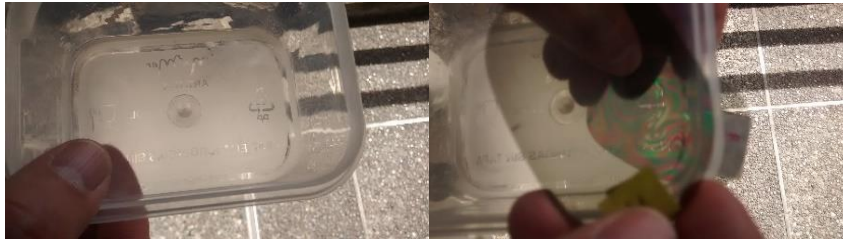


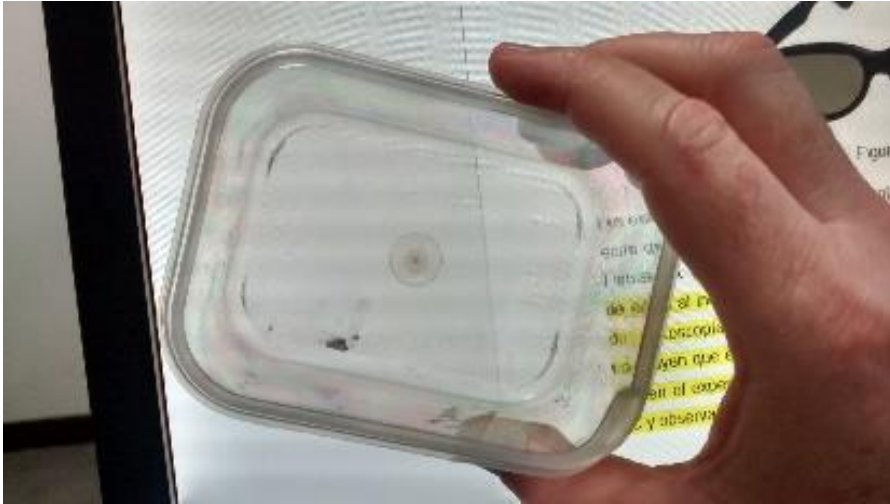
Foto 3 A

Foto 3 B

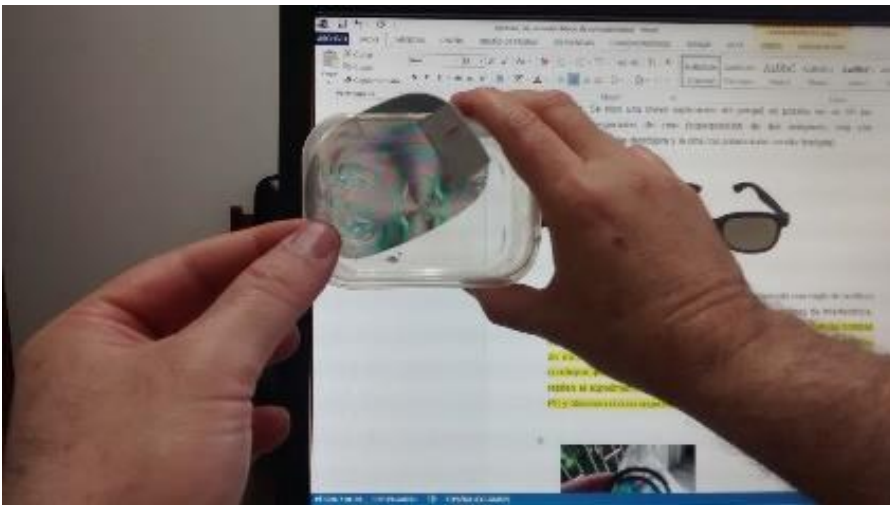
**Foto 3 Material plástico anisotrópico (A) y colores de interferencia (B)**

**Actividad 6.**

Los estudiantes ubican la caja plástica al frente de la pantalla LCD de un PC y observan con un segundo polarizador, Foto 4 A y 4 B.



**Foto 4 A** Observación de una pantalla de computador con material anisotrópico.



**Foto 4 B** Usando un segundo polarizador se observan colores de interferencia

**Foto 4.** Uso de polarizadores y colores de interferencia.

Observan de nuevo colores como en la actividad anterior. Después de una breve discusión concluyen que la pantalla de estos PC tienen dos polarizadores para dar las imágenes a color (en el medio poseen el denominado cristal líquido como medio anisotrópico).

### **3.5 Fundamentos sobre la espectroscopia.**

Utilizando un espectrómetro de bajo costo (\$US 2) pero de buena prestación en cuanto a incertidumbre (del orden de 4 nm) se observa la descomposición espectral de la luz y adicionalmente la medida de longitudes de onda correspondientes a cada parte del espectro. Este espectrómetro fue diseñado por docentes de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y es de fácil reproducción por los estudiantes; información sobre esto se consigue en el siguiente sitio Web:

<http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/recursos/physicssensor/hardware/espectroscopio.pdf>

En la Foto 5 se ilustra el espectrómetro usado por los estudiantes.



**Foto 5. Espectrómetro utilizado por los estudiantes**

En la Foto 6 se ilustran los estudiantes fotografiando con el espectrómetro y la cámara del celular el espectro de la luz solar.

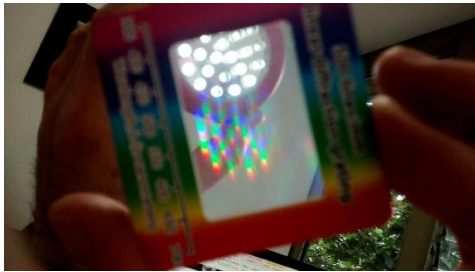


**Foto 6. Estudiantes usando el espectrómetro y sus celulares Smartphone.**

Las actividades en esta fase fueron cuatro (4) y se describen a continuación.

### **Actividad 1: Observación del espectro de diferentes fuentes de luz.**

Usando una red de difracción de 500 líneas/mm, Foto 7 A, los estudiantes observan espectros de diferentes fuentes de luz: luz solar (sin mirar directamente el sol), luz de la pantalla del computador, luz de bombilla de tungsteno, luz de lámpara fluorescente, luz de vela. También se proyectó luz láser de diferentes colores que atravesaba la red de difracción, Foto 7 B. Observaron en todos los casos que la luz roja es la que se difracta con un ángulo mayor y la azul con un ángulo menor.



A



B

**Foto 7. Espectro luz de lámpara led (A) y luz láser verde atravesando red de difracción (B).**

### **Actividad 2: Funcionamiento del espectrómetro**

Se desarmó el espectrómetro y se explicó la función de cada una de sus partes, Foto 8. La rendija de entrada para que haga de objeto luminoso cuya luz se proyecta (línea de luz) en la red de difracción usando una lente convergente (lupa) la cual garantiza iluminación uniforme. El tubo de admisión está recubierto internamente con cartulina negra para evitar reflexiones molestas. La red de difracción (500 líneas/mm) descompone la luz en las respectivas líneas espectrales (son líneas debido a la rendija de entrada). Hay un cabezal con dos LED uno rojo y otro azul que son tomados como referencia en la medida de los espectros.

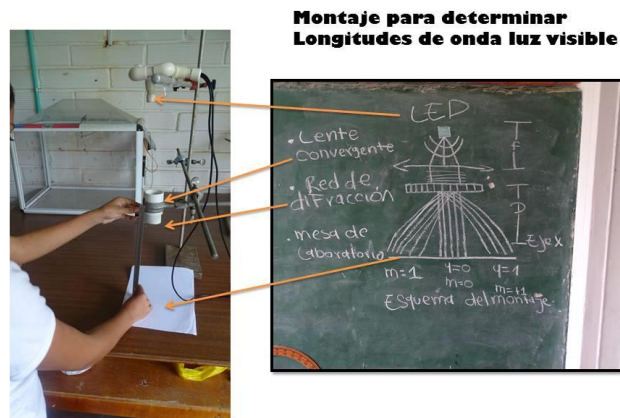


**Foto 8. Espectrómetro y cada una de sus partes.**

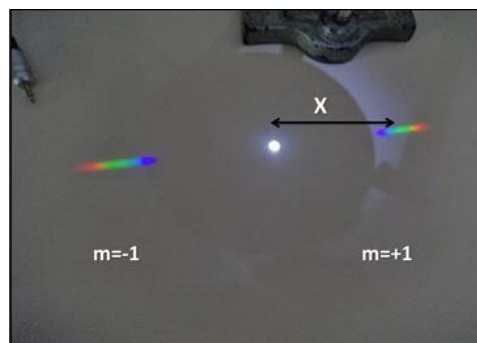
Se les mostró adicionalmente un CD y se les explicó su comportamiento como red de difracción de 625 líneas/mm. Aprenden cómo un pedazo de CD puede usarse como red de difracción en este espectrómetro.

### **Actividad 3: Medida de longitudes de onda presentes en el espectro visible**

Usando el módulo del espectrómetro conformado por la lente y la red de difracción se realizó el montaje de la Foto 9 A. La fuente de luz es un LED de luz blanca. El espectro se proyecta sobre la mesa de laboratorio, Foto 9 B, y se midieron las longitudes de onda medias de todas las secciones del espectro visible (violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo). Los estudiantes advierten que los anchos de banda de los mismos son muy dispares: gran ancho de banda para el rojo y muy pequeño ancho de banda para el amarillo y el naranja.



**Foto 9 A.** Montaje de lente y red de difracción

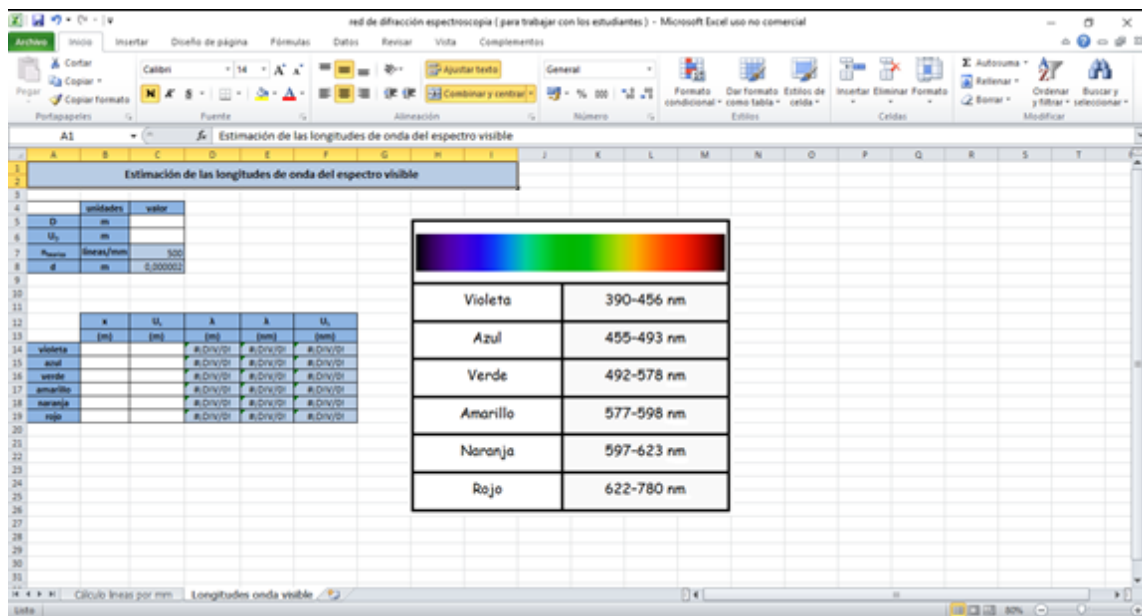


**Foto 9 B.** Proyección de la luz blanca al pasar por la red de difracción.

Foto 9. Lente y red de difracción (A), proyección luz blanca sobre mesa de trabajo (B).

Para el cálculo de las longitudes de onda se usa la hoja de Excel, Figura 14, la cual tiene implementada la siguiente expresión que se cumple para una red de difracción,

$\lambda = \frac{x d}{\sqrt{D^2 + x^2}}$  en donde  $x$  es la distancia que hay desde el centro del círculo central al centro de cada color,  $D$  la distancia desde la superficie de la mesa hasta la red de difracción y  $d$  la distancia que hay entre dos líneas de la red de difracción, en este caso (2 micras). Los resultados se confrontaron con los valores reportados en la literatura científica, concluyéndose que las mediciones fueron excelentes.



**Figura 14. Plantilla en Excel para calcular la longitud de onda**

#### **Actividad 4: Medida de espectros usando PhysicsSensor y un celular Smartphone**

Usando el espectrómetro completo, una cámara de celular y el software **PhysicsSensor** los estudiantes midieron el espectro de la luz emitida por el sodio (solución saturada de sal de cocina en alcohol), Foto 10 y por una lámpara fluorescente casera, Foto 11.

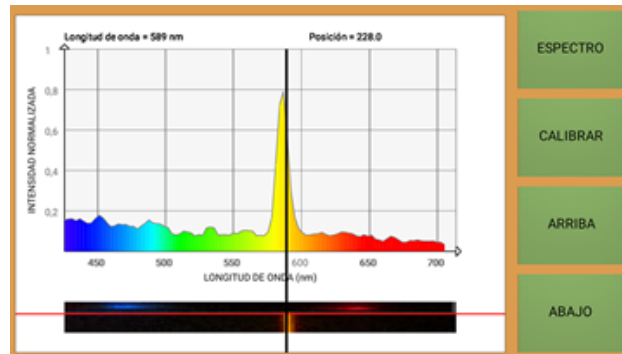


Foto 10. Luz de sodio (NaCl con alcohol) y su espectro

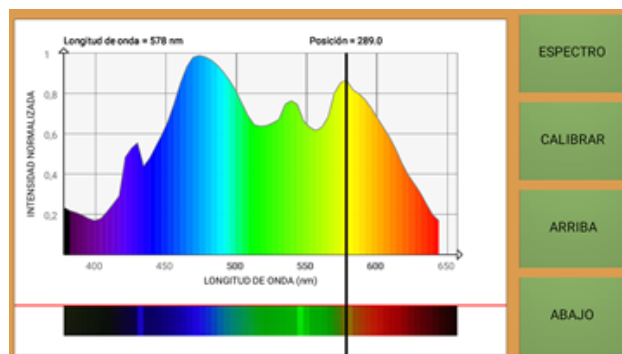


Foto 11. Luz de lámpara fluorescente y su espectro

Compararon con los valores que se reportan en la literatura (línea amarilla del sodio 589 nm y las líneas correspondientes al mercurio de la lámpara fluorescente 433 nm azul y 546 nm verde) concluyendo que las medidas realizadas fueron excelentes.

### **3.6 Fundamentos sobre la microscopía.**

Las actividades en esta fase se dividieron en dos partes. En la primera se explicó los principios básicos de funcionamiento de un microscopio y se procedió a realizar la transformación de un microscopio sencillo en uno semi-profesional de tal forma que se pudieron implementar diferentes técnicas de microscopía (campo claro, campo oscuro y de polarización). En la segunda parte se construyó un microscopio casero con una apertura numérica que oscila entre 0,60 y 0.85 cuando se trabaja con luz azul y con un aumento que oscila entre 150x y 300x. Con este microscopio también se implementaron diferentes técnicas de microscopía como para el primer caso. A continuación se detallan las actividades realizadas en cada parte.

#### **Parte 1: Conversión de un microscopio óptico de laboratorio en un microscopio semi-profesional digital**

En esta parte se hicieron actividades donde se trataron los conceptos básicos de la microscopía (aumento, resolución y contraste) y se digitalizó la imagen usando un celular. Para realizar esto se tuvo que realizar progresivamente la adaptación de un muy microscopio básico. Catorce (14) fueron las actividades de esta parte.

**Actividad 1: Adaptación de celular al microscopio**

Para obtener esta adaptación se tomó del laboratorio de química un soporte universal con algunos enganches tipo nuez, que permitía ajustar una varilla de hierro de manera horizontal y en el extremo distal de esta, se le hizo un acople reductor para instalar la estructura que soporta al celular tipo Smartphone, donde luego se ajusta a la altura del ocular. Una vez ajustada la altura de este montaje, se organizan los detalles técnicos del celular para empezar a tomar fotos o imágenes en movimiento si es el caso, Foto 12.



**Foto 12. Adaptación de un teléfono celular tipo Smartphone a un microscopio óptico escolar.**

**Actividad 2: Sistema de iluminación**

Se procedió a cambiar el sistema de iluminación, Foto 13 A. Esto para poder estructurar de mejor forma la luz que incide sobre la muestra.

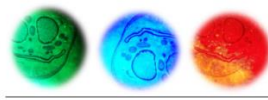
**Actividad 3: Uso de filtros de color**

Se observaron muestras usando diferentes filtros de color (discos de acrílico de color), Foto 13 B. Los estudiantes deducen que esta técnica puede mejorar en algunos

casos el contraste. La observación se hizo en forma directa y también usando el teléfono celular.



A



B

Foto 13. Uso de diferentes filtros de luz (A) y su registro fotográfico (B).

#### Actividad 4: La lente convergente

Los estudiantes midieron la distancia focal de una lente convergente mediante el método de proyección de la imagen obtenida de un objeto ubicado en el infinito, Foto 14 A.



A



B



C

Foto 14. Medición de distancia focal en el laboratorio (A), imagen obtenida al usar una lente convergente (B) y aumento de un texto usando una lupa (C).

**Actividad 5: Imagen real**

Ubicando un objeto (por ejemplo llama de vela) más allá del foco se obtiene una imagen real proyectada en la pared, Foto 14 B.

**Actividad 6: Imagen virtual**

Ubicando un objeto (por ejemplo letras) entre el foco de la lente y la lente se obtiene una imagen virtual (esta imagen no se puede proyectar), Foto 14 C.

**Actividad 7: Aumento**

Usando los datos del aumento de los objetivos y el aumento del ocular se calculó mediante el producto de ambos, los aumentos disponibles para el microscopio usado, Tabla 5.

**Tabla 5: Aumento total para diferentes combinaciones objetivo/ocular del microscopio usado**

<b>Objetivo</b>	<b>Ocular</b>	<b>Aumento total</b>
4X	10X	40X
10X		100X
40X		400X

**Actividad 8: Imagen real de una muestra microscópica dada por el objetivo del microscopio**

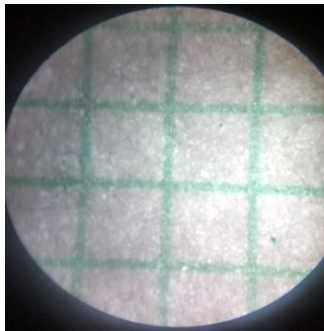
Retirando el ocular y usando una pantalla (pedazo de papel mantequilla) se proyectó la imagen real de una muestra dada por el objetivo, Foto 15.



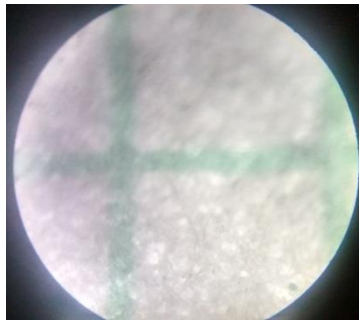
**Foto 15. Imagen real proyectada sobre papel mantequilla obtenida de un microscopio óptico.**

### **Actividad 9: Diámetro del campo visual**

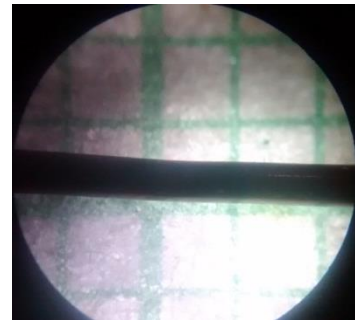
Usando un pedazo de papel milimetrado ubicado sobre el portaobjeto se estimó el diámetro  $d$  del campo visual para la configuración ocular + objetivo de menor aumento (objetivo 4X), Foto 16 A.



A



B



C

**Foto 16. Determinación del diámetro “d” del campo visual**

Se repitió el procedimiento para el objetivo 10X, Foto 16 B. Los estudiantes verificaron que el diámetro visual es inversamente proporcional al aumento del objetivo. Para esto utilizaron los valores obtenidos y los reemplazaron en la siguiente fórmula en donde  $d$  es el diámetro del campo visual y  $M$  el aumento del objetivo,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Luego usando la fórmula anterior y el objetivo de 4X calcularon el respectivo diámetro de campo visual para el de 40x. Los estudiantes concluyeron que esto era necesario debido a que para este objetivo se pierden las formas de las rayas del papel milimetrado por lo que no era posible hacer la estimación como en los dos casos anteriores.

Los resultados obtenidos se reportan en la Tabla 6.

**Tabla 6. Diámetro del campo visual en un microscopio escolar.**

<b>Diámetro del campo visual</b>			
<b>Unidades de medida</b>	<b>Objetivo 4X</b>	<b>Objetivo 10X</b>	<b>Objetivo 40X</b>
<b>mm</b>	3,8	1,5	0,38
<b>µm</b>	3 800	1 500	3 80

### **Actividad 10: Estimación de longitudes de objetos microscópicos**

Teniendo los valores de los diámetros de campo visual de los objetivos procedieron a estimar el grosor de un alambre conductor de cobre muy delgado tomando como referencia el diámetro del campo visual del objetivo. Para esto enfocaron bien con el objetivo 4x, luego con el objetivo 10x y estimaron con el objetivo 40x, Foto 16 C. El resultado obtenido fue 125 µm.

### **Actividad 11: Resolución**

Usando los valores de las aperturas numéricas de los objetivos y la fórmula dada a continuación se estimó el límite de resolución del microscopio usado para cada uno de los objetivos. Los resultados se reportan en la Tabla 7. La longitud de onda empleada es la de la luz verde de 550 nm..

$$d_{\min} = 0,61 \frac{\lambda_0}{(\text{A.N.})}$$

Tabla 7. Límite mínimo y máximo de resolución

OBJETIVO	APERTURA NUMÉRICA	LÍMITE DE RESOLUCIÓN (d <sub>min</sub> en nm)	LÍMITE DE RESOLUCIÓN (d <sub>min</sub> en μm)
4X	0,10	~3 500	~3,5
10X	0,25	~1 500	~1,5
40X	0,65	~500	~0,5

### Actividad 12: Aumento útil

Se estimó el aumento útil del microscopio usado. Para esto se tuvo en cuenta que éste se encuentra en el rango entre 500 y 1000 veces la apertura numérica del objetivo. Los valores obtenidos se reportan en la Tabla 8.

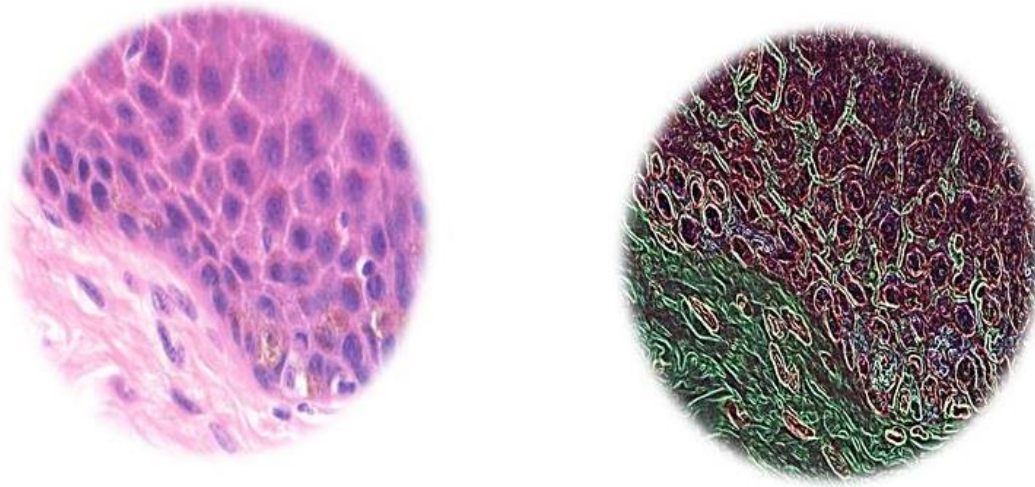
Tabla 8 Aumento útil mínimo y Aumento útil máximo en el microscopio

M <sub>objetivo</sub>	AN	M <sub>ocular</sub>	M <sub>total</sub>	Aumento útil mínimo	Aumento útil máximo
4X	0,10	10X	40X	50	100
10X	0,25		100X	125	250
40X	0,65		400X	325	650

### Actividad 13: Microscopía de campo oscuro

Ubicada una muestra en el portaobjeto, se procedió a eliminar el orden cero de difracción en la iluminación colocando una moneda sobre el centro de la lámpara del microscopio. Los estudiantes observan cómo el contraste cambia sustancialmente, Foto 17. Se observa algo parecido a una noche estrellada lográndose detectar detalles que antes no se veían bien. Se les explica que esto es debido a que se ha eliminado el fono lumínico de la

imagen. Se les dice a los estudiantes que esta es la denominada microscopía de campo oscuro debido a la contraposición con la de campo claro (la usual).



**Foto 17. Epidermis en microscopía de campo oscuro. A la izquierda la imagen en campo claro (normal) y a la derecha la misma imagen pero en campo oscuro.**

#### **Actividad 14: Microscopía de polarización**

Se insertó un polarizador sobre la lámpara y un polarizador sobre el ocular para obtener la técnica de microscopía de polarización, Foto 18 (los polarizadores se obtuvieron de las gafas 3D). Se ubica una muestra anisotrópica en el portaobjetos. Se observa con este montaje una imagen con muy coloreada y de muy buen contraste. Se hacen visibles partes de la muestra que no eran visibles sin el uso de los polarizadores, Foto 18. Se les dice a los estudiantes que esta es la denominada microscopía de polarización muy usada en los estudios biológicos debido a la transparencia y anisotropía de gran cantidad de estas muestras.



**Foto 18. Muestra anisotrópica en observada con microscopía de polarización.**

## **Parte 2: ¿Cómo construir un microscopio casero de buena resolución óptica y de muy bajo precio?**

Una de las ideas que motivó la realización del presente proyecto, es que con recursos mínimos, cualquier docente y grupo de estudiantes pueda realizar experimentos sin necesidad de tener que manipular costosos equipos.

Partiendo de dicha meta, se diseñó un microscopio que requiere de sencillos materiales que se consiguen fácilmente en las grandes y pequeñas ciudades donde vendan acrílicos y material de ferretería.

Construir este sencillo pero muy efectivo microscopio es relativamente fácil, el cual se puede usar en un espacio cerrado, como lo es un aula de clase (es portátil y de un tamaño mediano a pequeño, en comparación a microscopios comerciales) pero también puede ser usado en el campo (zona rural), ya que no requiere de fuente artificial de luz y puede aprovechar la luz natural para observar las muestras microscópicas. Adicional a todo lo

anterior, se le adapta un celular tipo Smartphone para hacer la respectiva toma fotográfica o de movimiento. Su costo es de unos \$US 5. Este microscopio también permite las adaptaciones que se hicieron en la sección anterior para realizar otras técnicas de microscopia adicional a la de campo claro.

La construcción se puede realizar guiándose con el vídeo tutorial que se realizó y que se ubicó en el siguiente URL,

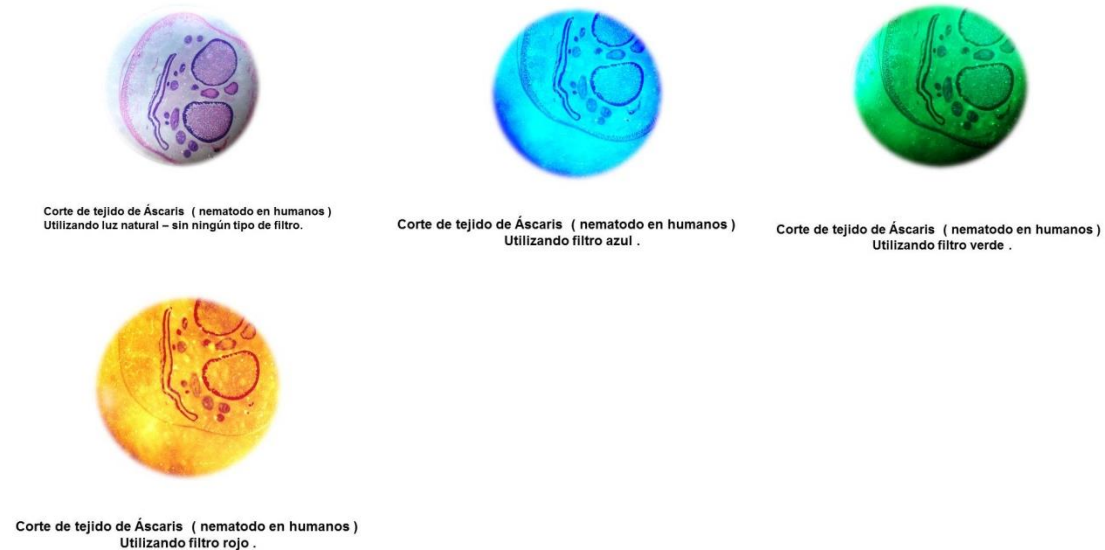
[http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/recursos/fisica\\_basica/teoria/fisica\\_ondas/microscopio\\_construccion.mp4](http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/recursos/fisica_basica/teoria/fisica_ondas/microscopio_construccion.mp4)

También en el anexo B se encuentra un documento que permite su construcción paso a paso.

En la Foto 19 se ilustra el microscopio construido. En la Foto 20 imágenes obtenidas usando diferentes filtros.



**Foto 19. Microscopio casero ya construido.**



**Foto 20. Tejido de *Áscaris lumbricoides* utilizando diferentes filtros de colores.**

### 3.7 Fundamentos sobre la fotosíntesis

Por último se abordó el tema de la fotosíntesis. En esta parte sólo se hace una introducción experimental al fenómeno.

En la reacción química de la fotosíntesis, adicional a la producción de azúcares como la glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) se obtiene moléculas de oxígeno que son liberadas por las plantas al aire a través de los estomas.

Un experimento interesante para que los estudiantes comprueben la producción de moléculas de oxígeno gaseoso es que trabajen con plantas acuáticas muy utilizadas en los acuarios ornamentales, específicamente la *Elodea* sp debido a que es muy fácil de manejar y requiere de buena cantidad de luz para su supervivencia.

Con base a lo anterior se realizó el montaje, Foto 21, y se pudo comprobar la eficiencia fotosintética de la planta *Elodea* sp exponiéndola a distintas luces de colores (azul, verde, rojo y blanco) y determinando en un tiempo prudencial de alrededor de 2 horas la producción de burbujas de oxígeno en medio acuático. Los resultados obtenidos se ilustran en la tabla 9 y la Figura 15 muestran que esencialmente toda la luz visible es capaz de promover la fotosíntesis, pero las regiones de 400 a 500 y de 600 a 700 nm son las más eficaces. Así la clorofila pura, tiene una absorción muy débil entre 500 y 600 nm, los pigmentos accesorios complementan la absorción de la luz en esta región, suplementando a las clorofilas. - 620-700 nm (rojo): una de las bandas de mayor absorción de la clorofila. - 510-620 nm (naranja, amarillo –verde-); de débil actividad fotosintética - 380-510 nm (violeta, azul y verde): es la zona más energética, de intensos efectos formativos. De fuerte absorción por la clorofila. - < 380 nm (ultravioleta). Efectos germicidas e incluso letales < 260 nm.

Esta actividad la realizaron los estudiantes agrupados en pequeños grupos para realizar el monitoreo (conteo de burbujas) en días diferentes con diferentes luces de color.



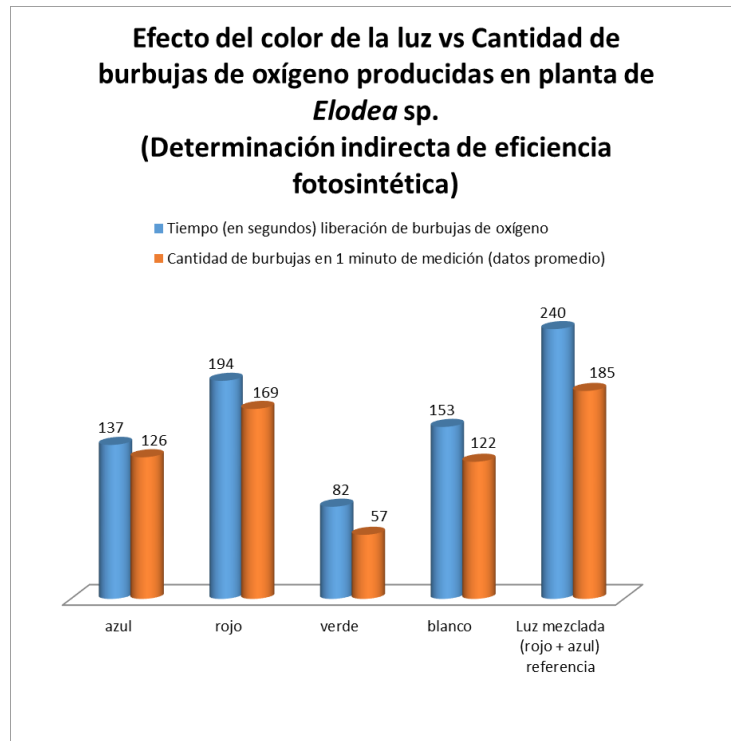
**Burbujas de oxígeno  
(producto de la  
fotosíntesis)**

Foto 21 . Burbujas de oxígeno como indicativo de la actividad fotosintética.

Tabla 9 Datos experimentales asociados a la cantidad de burbujas de oxígeno liberadas al exponer la *Elodea* sp. a diferentes longitudes de onda

Color filtro de luz	Tiempo (en segundos) liberación de burbujas de oxígeno	Cantidad de burbujas en 1 minuto de medición (datos promedio)
azul	137	126
rojo	194	169
verde	82	57
blanco	153	122
Luz mezclada (rojo + azul) referencia	240	185

**Figura 15 Datos obtenidos por los estudiantes del Semillero de la I.E. León XIII- El Peñol – Antioquia (2016)**



### 3.8 Determinación del estado final del grupo

Ya realizado todo el proceso de aprendizaje experimental, se procede a realizar una retroalimentación del proceso de aprendizaje significativo obtenido por cada uno de los estudiantes del semillero, e identificar si se cumplieron todas las expectativas generadas en los objetivos del proyecto. Se vuelve a realizar el cuestionario que previamente se había realizado a todos los estudiantes del grado 9° de la I.E. León XIII del municipio de El Peñol. Los resultados son muy alentadores y sobre todo que los estudiantes dicen haber disfrutado mucho la metodología empleada.



## Capítulo 4

### 4 Resultados y su discusión

La evaluación de la intervención educativa se llevó a cabo mediante las siguientes actividades:

- Una estimación numérica mediante el denominado factor de Hake que “mide” la denominada ganancia de aprendizaje. Esto se detallará en la sección 4.1.
- Una estimación cualitativa mediante el análisis de una encuesta de satisfacción, de mapas conceptuales y de la observación del docente durante todo el proceso de la intervención. Esto se detallará en la sección 4.2

#### 4.1 Evaluación de la intervención educativa: Factor de Hake

A los estudiantes se les aplicó un cuestionario (anexo A) compuesto por 30 preguntas básicas sobre los temas tratados en la intervención evaluativa realizada con la metodología propuesta: teoría del color, espectroscopia, microscopía y fotosíntesis. Esto se hizo antes de iniciar la intervención y después de ésta. Los jóvenes no se enteraron que al final deberían responder el mismo cuestionario.

Este insumo sirve para determinar lo que en la literatura sobre la teoría de la enseñanza de las ciencias exactas y naturales se conoce como ganancia de aprendizaje, propuesta por Richard R. Hake, Hake, R. R. (1998). Esta se mide mediante un parámetro numérico definido como,

$$G = \frac{[\% \text{ POSTEST}] - [\% \text{ PRETEST}]}{100 - [\% \text{ PRETEST}]}$$

En donde % POSTEST es el porcentaje de aciertos en el POSTEST y % PRETEST es el porcentaje de aciertos en el PRETEST. Los resultados los clasifica en tres niveles,

- $G \leq 0.3$  (nivel bajo).
- $0.3 < G < 0.7$  (nivel medio)
- $G \geq 0.7$  (nivel alto)

En la Tabla 9 se presenta el valor de este factor para el grupo de estudiantes por pregunta y en la Tabla 10 por agrupación de preguntas según el tema (promedio de este factor agrupando por temas las preguntas). En el último caso una pregunta puede pertenecer a varios temas.

**Tabla 10 Factor de Hake y Nivel de aprendizaje**

# Pregunta	% estudiantes que acertaron en el PRETEST	% estudiantes que acertaron en el POSTEST	Factor de Hake G	Nivel de aprendizaje
1	23	85	0,80	ALTO
2	15	92	0,90	ALTO
3	15	77	0,73	ALTO
4	31	54	0,33	MEDIO
5	38	69	0,50	MEDIO
6	54	77	0,50	MEDIO
7	8	61	0,58	MEDIO
8	23	46	0,30	BAJO
9	38	92	0,87	ALTO
10	15	85	0,82	ALTO
11	8	69	0,66	MEDIO
12	38	92	0,87	ALTO
13	15	69	0,63	MEDIO
14	54	92	0,83	ALTO
15	15	77	0,73	ALTO
16	23	69	0,60	MEDIO
17	15	69	0,63	MEDIO

# Pregunta	% estudiantes que acertaron en el PRETEST	% estudiantes que acertaron en el POSTEST	Factor de Hake G	Nivel de aprendizaje
18	31	85	0,78	ALTO
19	46	92	0,85	ALTO
20	38	77	0,63	MEDIO
21	23	69	0,60	MEDIO
22	31	85	0,78	ALTO
23	54	92	0,83	ALTO
24	38	92	0,87	ALTO
25	23	85	0,80	ALTO
26	15	61	0,54	MEDIO
27	23	61	0,49	MEDIO
28	46	85	0,72	ALTO
29	54	85	0,67	MEDIO
30	15	69	0,63	MEDIO

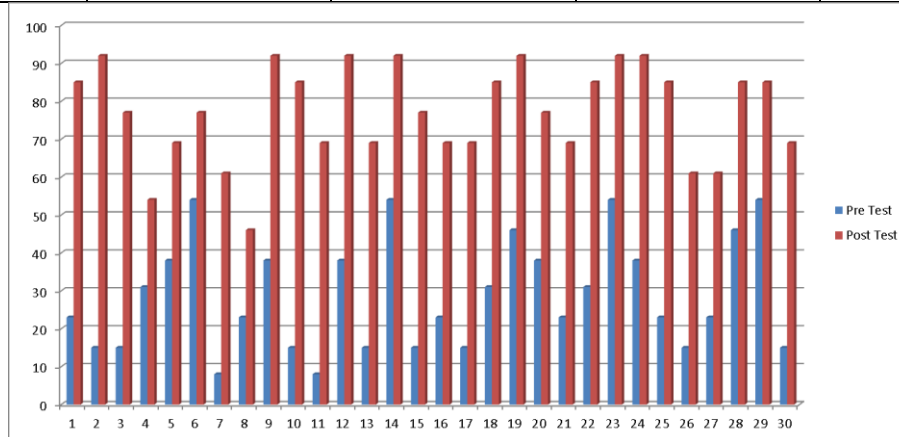


Figura 16: Comparación % PRETEST y % POSTEST por pregunta y del grupo

Tabla 11 Factor de Hake por grupo de preguntas similares

Tema	# pregunta	Factor de Hake G	Nivel de aprendizaje
Teoría del color	5,10,11,12,13,15,18,20	0,70	ALTO
Espectroscopia	1,6,10,11,12,13,14	0,72	ALTO
Microscopía	2,4,7,8,9,15,16,17,19	0,64	MEDIO
Fotosíntesis	3, 21,22,23,24,25,26,27,28,29,30	0,70	ALTO

Con base en la ganancia de aprendizaje del grupo, calculado del análisis de las preguntas individuales formuladas en el cuestionario (Tabla 9), se puede concluir que los siguientes conceptos tuvieron buena asimilación:

- Espacios aditivo y sustractivo del color.
- Teoría de filtros de color.
- Teoría del color de las fuentes comunes de emisión
- Ordenamiento del espectro visible por longitudes de onda y por frecuencias.
- Aumento, contraste y resolución en microscopía.
- Reconocer las diferencias entre diferentes técnicas de microscopía: campo claro, campo oscuro y de polarización.
- Qué son espectros de emisión y de absorción.
- Cuál es la función de una red de difracción.
- Dónde y cómo se aplica la espectroscopia.
- Reconocimiento de imágenes reales y virtuales.
- El papel fundamental de la clorofila en el proceso de fotosíntesis.
- El papel de la luz en el proceso de la fotosíntesis.
- Los elementos básicos del proceso de fotosíntesis.

Ahora, analizando por grupo de preguntas, Tabla 10, se obtiene información del grado de asimilación del grupo de cada uno de los cuatro temas tratados (teoría del color, espectroscopia, microscopia y fotosíntesis). Se concluye que el grupo obtuvo una ganancia de aprendizaje muy aceptable en todos los temas (la escala estuvo en los niveles cerca del

ALTO o a inicios de éste). Esto es muy valioso debido a la complejidad y el nivel con el cual fueron tratados estos temas, sobre todo la espectroscopia y la microscopía, los cuales son abordados sólo en los primeros semestres de la educación superior y éstos jóvenes sólo son de grado 9. Algo interesante es que a pesar que el tiempo dedicado a la fotosíntesis fue menor que el planeado en la propuesta, se logra una buena ganancia de aprendizaje. Al resultado en éste último tema contribuyeron los temas que lo precedieron (teoría del color, espectroscopia y microscopía) ya que el discurso de éstos siempre se asociaba como un tema para aplicar en la comprensión científica de la fotosíntesis y se recalca el cómo y dónde se aplicaba en ésta.

## **4.2 Evaluación de la intervención educativa: Estimación cualitativa**

### **4.2.1 Análisis de encuesta de satisfacción**

En el anexo C se encuentra el cuestionario realizado como encuesta de satisfacción.

En la Tabla 11 se ilustra los resultados. Se recuerda que fueron 13 los estudiantes que participaron en la intervención educativa y todos contestaron la encuesta



La encuesta se valoró con la escala ordinal tipo Likert (1932), con cinco posibilidades de respuestas cerradas (1: Totalmente en desacuerdo; 2: En desacuerdo; 3: Ni de acuerdo ni en desacuerdo; 4: De acuerdo; 5: Totalmente de acuerdo).

Se puede concluir que todas las preguntas obtuvieron un muy buen nivel de aceptación (42% para la opción 4, 58 % para la opción 5 y 100% para la opción SI) lo cual refleja una muy buena motivación por aprender y participar en actividades que han sido intervenidas con las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC). Además claramente los estudiantes recomiendan implementar este tipo de metodología en otras temáticas de las ciencias naturales y manifiestan lo agradable que fue la intervención.

#### **4.2.2 Análisis de mapas conceptuales**

En el anexo D se ilustran algunos mapas conceptuales realizados por estudiantes sobre los temas tratados.

Esta actividad se realizó en la sala de sistemas de la institución. Se dividió los 13 estudiantes en tres grupos. A cada grupo se le asignó construir un mapa conceptual de un tema diferente. Un primer grupo trabajó el concepto de espectroscopia, donde debían organizar los conceptos fundamentales que permitieran a otros estudiantes de grado 9° que no hicieron en su momento parte del semillero, entender que es la espectroscopia y que beneficios trae para la humanidad su estudio y aplicación en muchas actividades humanas. Otro grupo trabajó conceptos básicos de microscopia, pero enfocándose un poco en las adaptaciones que se requieren para transformar un microscopio óptico normal en uno digital, para conseguir a través del uso de celulares tipo Smartphone y Tablets fotografías microscópicas de gran interés científico y académico. Por último, un tercer grupo debía

describir el efecto de la luz en el proceso de fotosíntesis y cómo la liberación de burbujas de oxígeno se convierte en una condición determinante de la eficacia fotosintética que una planta, en este caso acuática, presenta cuando se realiza el fenómeno de la fotosíntesis. Se les dio un tiempo de 1 hora y se les puso como condición que las ideas que se trabajaran fueran lo más básicas posibles.

Analizando los tres mapas conceptuales (ver anexo D) los estudiantes lograron apropiarse conocimientos nuevos, que aunque se trabajan mucho más profundo a nivel universitario, se consiguió que los estudiantes entendieran conceptos básicos de ciencias, que les será fundamentales para fortalecer el proceso de aprendizaje significativo a partir de ahora y que entiendan que pueden enlazar las nuevas tecnologías al estudio de las ciencias físicas, químicas y biológicas disponibles en el ambiente escolar.

#### **4.2.3 Observación del docente**

El trabajo realizado con los estudiantes del semillero de Maestría en la institución educativa León XIII del municipio de El peñol – Antioquia, resultó en sus resultados muy superior a las expectativas inicialmente propuestas.

En un comienzo los estudiantes poco o casi nada conocían de espectroscopia, con relación a la microscopia, solo las experiencias adquiridas en los laboratorios de biología donde se les compartía algunas muestras biológicas y respecto a la fotosíntesis, solo sabían que era un proceso realizado por las plantas para producir su propio alimento.

Cuando se organizó el semillero, lo primero que se tuvo en cuenta era la motivación individual por aprender y realizar actividades experimentales; una de las condiciones para

ser admitidos en el grupo, era la de trabajar en contra jornada, condición que desanimó a la mayoría de estudiantes de grado 9°.

Una vez establecido el grupo de estudiantes, se empezó a trabajar aspectos teóricos de la luz y la espectroscopia, ya que se pretendía en el trabajo incorporar estos conceptos a la microscopia tradicional y al proceso de fotosíntesis.

En un primer momento se trabajó todo el equipo y adicional a explorar con prismas, lupas y el espectrómetro casero, se aprendió sobre la óptica de los lentes usados en los microscopios y que significado técnico había en una serie de códigos numéricos impresos en los objetivos presentes en los microscopios escolares utilizados en la institución educativa León XIII del Peñol. En la fotosíntesis, se llegó más allá de lo que se encuentra en los textos de ciencias naturales al respecto, ya que se socializó la fotosíntesis desde la fisiología vegetal, para que conocieran todas las situaciones, condiciones y variables dependientes necesarias para que en este caso una planta acuática de Elodea, pueda producir su propio alimento a través del aprovechamiento de bicarbonato de sodio, disuelto en agua y que a través de la observación de producción de burbujas de oxígeno, esta planta podía producir carbohidratos como la glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) y el oxígeno gaseoso como productos importantes de la fotosíntesis.

Al final de la aplicación de esta propuesta de trabajo experimental donde los estudiantes no solo fortalecieron los contenidos aprendidos, sino que también lograron incorporar el uso de nuevas tecnologías al aprendizaje de las ciencias naturales a través de la experimentación. Situación que generó en ellos un mayor deseo de aprender y de investigar más sobre los temas trabajados y que en el aula también está generando

expectativa, manifestado por la solicitud de más estudiantes de grado 9° de participar en un segundo momento dentro del semillero.

Los resultados demuestran que al utilizar las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en los experimentos de ciencias naturales, el deseo innato por aprender, por descubrir, por ensayar y hasta equivocarse, se incrementa de manera significativa en ellos, al punto de querer seguir trabajando en contra jornada, así este proceso de intervención termine pronto.

## Capítulo 5

### 5 Conclusiones y Recomendaciones.

#### 5.1 Conclusiones.

Cómo lo propone Séré M. (2002) la enseñanza de las ciencias naturales plantea diferentes resultados, dependiendo de qué manera se trabaja la teoría, y lo que se buscó en la aplicación del presente proyecto, es que los estudiantes de básica secundaria y para nuestro caso los estudiantes de grado 9° de la I.E. León XIII del municipio de El Peñol – Antioquia, pudieran a través del uso de las NTIC aprender a realizar las mismas experiencias en igualdad de condiciones y así comprender, aprender, aprender a rehacer, aprender los procedimientos y el saber usar ese saber teórico como recursos para que los estudiantes tomen sus propias decisiones. Todo lo anterior buscando adquirir aprendizajes significativos y críticos frente a las realidades a que se diariamente se enfrentan nuestros estudiantes y se apropien de nuevos conocimientos que le serán de gran utilidad en su formación personal, social y futuro laboral.

Cuatro fueron los temas elegidos en la intervención: teoría del color, espectroscopia, microscopía y fotosíntesis. Temas que por su complejidad, en este nivel de educación (grado 9°) son tratados de forma descriptiva y superficial, en la intervención se les dio profundidad, lográndose muy buen nivel en la ganancia de aprendizaje (0.7 en la escala de Hake), lo cual fue posible realizando varios experimentos haciendo énfasis en el uso de las NTIC conservando lineamientos constructivistas.

El material didáctico desarrollado (talleres, microscopio casero, espectroscopio casero) se convirtió en procesos clave para el exitoso desarrollo de la intervención. Los

estudiantes durante todo el trabajo realizado en la presente propuesta, mostraron gran interés y deseo de aprender de una manera diferente, llegando incluso a sorprenderse como con sus propios celulares y tablets, podían trabajar ciencias, o que con sencillos y económicos materiales se podía construir un microscopio portátil y de buen rango de amplificación, donde prácticamente se podían llevar ese equipo a casa y en sus momentos libres explorar la naturaleza a través de la microscopia. Igual situación pasó al trabajar el concepto del color y sobre todo la espectroscopia, ya que se iniciaban en el conocimiento de la luz como fenómeno físico y químico al interactuar con los equipos de bajo costo como el espectroscopio casero y la comparación de las huellas espectroscópicas obtenidas con este aparato.

El trabajar la óptica microscópica, comprendieron que el microscopio no es solo un aparato para magnificar un pequeño objeto animal, vegetal o mineral, sino que podemos conseguir mucha más información aplicando los talleres propuestos y trabajar por ejemplo con la polarización de la luz, temas que se trabajarán con mayor profundidad en la universidad.

Otra de las experiencias interesantes con la que se encontraron los estudiantes fue el poder conocer más sobre la fotosíntesis utilizando aplicativos especializados en sus celulares, como sucede con el PhysicsSensor, que también se utilizó al trabajar los espectros obtenidos con diferentes fuentes de luz. Este recurso se usa también en la determinación del espectro producido por la clorofila en plantas

La evaluación de la intervención mostró que a través del uso de las NTIC se pudo conseguir lo siguiente:

- Trabajar con estudiantes por medio de la experimentación, conceptos que a veces pasan desapercibidos, como es que la luz es un conjunto de longitudes de onda, una visibles y otras no los son, que nuestro entorno está lleno de situaciones interesantes relacionadas con ella - la luz - , hace que el estudiante se motive y desee aprender más.
- El descubrir del porqué de las cosas y cómo muchos conceptos teóricos se pueden entender mejor a través de la experimentación, crea en el docente y en el estudiante una atmósfera de fascinación, que invita a cuestionarse frecuentemente lo que para muchos podrán ser situaciones obvias, pero que al momento de intentar explicarlas no es tan fácil hacerlo.
- Enseñar ciencias naturales, cuando se tiene por ejemplo dificultades en la dotación de un buen laboratorio, o las condiciones económicas de la institución educativa donde se trabaja son muy limitadas, obliga al intelecto a ser creativo, recursivo e ingenioso para suplir ese tipo de necesidades con la que los estudiantes se enfrentan día a día en su proceso de aprendizaje.
- Utilizar nuevas herramientas tecnológicas, que en muchos casos están al alcance de los estudiantes, todo gracias a ese desenfrenado consumismo de querer tener el más sofisticado celular o poder disponer de la Tablet con aplicaciones de su interés, crean la necesidad de estar permanentemente actualizado o en comunicación con muchas otras personas. Si el docente aprovecha esta coyuntura tecnológica, puede beneficiar el proceso de enseñanza-aprendizaje al potencializar las acciones de análisis de datos experimentales y su correspondiente transformación estadística, derivando en

conclusiones más críticas y efectivas frente a un determinado experimento, que ayudará a entender mejor lo que se explica en clase desde lo teórico.

- Si el docente de ciencias estimula ambientes de aprendizaje creativo, donde el estudiante entienda que no se necesita de grandes inversiones económicas en la dotación de laboratorios, son los mismos alumnos quienes con la adecuada orientación del docente, pueden construir sus propios equipos, y con un nivel de precisión muy cercana o a veces mejor de la que se consigue con equipos sofisticados y costosos.
- No hay nada más estimulante y satisfactorio que el estudiante por sí mismo descubra información y la corrobore con lo que tiene en los libros o en internet, que no se limite a creer, porque se lo dice el maestro y que no tiene el aprendiz, derecho a refutar o cuestionar los conceptos enseñados, encaminando entonces su aprendizaje a conceptos nuevos, pero consiente de su origen, los jóvenes de ahora no son tan conformistas y más bien les gusta entender del porqué de las cosas, como se dice popularmente, no les gusta tragar entero.

## **5.2 Recomendaciones.**

- Al trabajar la espectroscopia, es importante que el docente antes que solo enseñar la teoría se interese en crear espacios donde con los estudiantes puedan construir aparatos que además de económicos, ofrezcan resultados muy cercanos y confiables en comparación a equipos sofisticados, importados y costosos.

- Cuando se trabaja la microscopia y nos encontramos en escuelas que por su condición económica no cuenta con suficientes microscopios para todos los estudiantes, el docente con mucha creatividad, puede con unos sencillos lentes de lupa construir pequeños microscopios de campo, aprovechando también la disponibilidad tecnológica de celulares con buenas resoluciones y aumentos digitales, para que registren muestras de organismos vegetales y animales en las computadoras de la escuela o en el aula de internet del municipio, para que aprovechen decenas de programas de computador de uso gratuito y mejoren los procesos de análisis de cualquier material biológico con el que estén trabajando.
- Al experimentar con las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, los estudiantes que por las condiciones en que se desenvuelven, resultan ser muy habilidosos para entender y trabajar con múltiples aplicaciones digitales (apps) que utilizados de manera apropiada y responsable, mejorarán sus procesos de aprendizaje y poco a poco serán más competitivos en este mundo globalizado cada vez más exigente con la cualificación de los ciudadanos.
- Para futuras investigaciones, se recomienda montar en el laboratorio la extracción de pigmentos fotosintéticos y a través del uso del espectrómetro y la aplicación e PhysicsSensor, analizar el espectro producido por el complejo de clorofilas y determinar su eficiencia fotosintética dependiendo de variables como la intensidad lumínica, la longitud de onda usada y la cantidad y velocidad de burbujas de oxígeno producidas en un minuto.

- El docente puede mejorar los procesos de aprendizaje, facilitando que sus estudiantes busquen construir otros aparatos de bajo costo que involucre por ejemplo el uso de sensores remotos que determinen de manera sencilla, la concentración de CO<sub>2</sub> y de oxígeno en el entorno de las plantas y así poder comparar cómo se desarrolla la “rata fotosintética” y de manera comparativa entre plantas C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> y C.A.M. propias de la región geográfica o piso altitudinal donde se encuentre la escuela o nuestro lugar de residencia.
- Y para terminar, por más tecnología que tengamos a nuestra disposición, no nos hace mejores seres humanos, como dice Murray Bookchin, ecologista social Estadounidense y fundador del eco anarquismo : “En relación con la tecnología, no tenemos que preocuparnos solamente con que ésta sea más eficiente y renovable, tenemos que inventar una tecnología creativa, que no sólo lleva consigo un trabajo más creativo, sino que contribuya a mejorar el mundo natural al mismo tiempo que mejora el modo y la calidad de nuestras vidas.

## Referencias.

- Amud, M. (2014) Elaboración de una propuesta de enseñanza- aprendizaje de los fundamentos de la microscopía óptica mediante el uso de la NTIC haciendo énfasis en el procesamiento y análisis digital de las imágenes (Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia-sede Medellín).
- Antonino, E., Peña, A., Andrés, E., Javier, F., Palomares, A., Ballester, J. y Ruiz, J. (2013). Aplicación de herramientas tecnológicas en la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje: Uso de Smartphones en el aula. *TEXTOS. Revista Internacional de Aprendizaje y Cibersociedad*, 17(1), 11-34.
- Daniele, M., Solivellas, D., Angeli, S., Romero, D., Mori, G., Greco, C., y Fischer, S. (2005) Una nueva estrategia didáctica para la enseñanza de la fotosíntesis.
- de Pro Bueno, A. (1998). ¿ Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de Ciencias?. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 16(1), 21-41.
- Esteve, F., y Gisbert, M. (2011). El nuevo paradigma de aprendizaje y nuevas tecnologías. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 9(3), 55-73.
- Flores, J., Sahelices, M., y Moreira, M. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de investigación*, (68), 75-112.
- Fraga, F., y Álvarez-Salgado, X. (2005). On the variation of alkalinity during phytoplankton photosynthesis.
- Freitas, F., Nagem, R., y Bontempo, G. (2015) Contribuições e desafios de um modelo análogo ao microscópio óptico baseado em smartphone para o ensino de Ciências.
- Giacosa, N., Giorgi, S., y Concari, S. (2009). Una experiencia didáctica incorporando applets para la enseñanza de los principios físicos del funcionamiento de espectrómetros de masas. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, 7-19.
- González, J. (2013). Las nuevas tecnologías en la enseñanza de las ciencias. *Pixel-Bit: Revista de medios y educación*, (42), 209-210.
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six- thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66 (1), 64-74.

- Herrera, S., y Fennema, M. (2011). Tecnologías móviles aplicadas a la educación superior. In XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.
- Insausti, M., y Merino, M. (2000). Una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de Física y Química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(2), 93-119.
- Irlés, M., Ortells, J., de la Calle, F., de la Sen Fernández, M., Araújo, B., y Martínez, P. (2013). La enseñanza de la Histología a través de metodologías activas. XI Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria, 4.
- Likert R. A technique for measurement attitudes. *Archives of Psychology*. 1932; 140:44-53.
- Martí, A., y Villalba, M. (2003). TIC en la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Comunicación y pedagogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos*, (190), 39-44.
- Montealbán, J., y Chavarría, M. (2010). Multimedia para el estudio de la naturaleza dual de la luz en el bachillerato. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol, 4, 976.
- Moreira, M. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa: Boletín de estudios e investigación*, (6), 83-102.
- Pósito, R.(2012). El problema de enseñar y aprender Ciencias Naturales en los nuevos ambientes educativos (Doctoral dissertation, Facultad de Informática).
- Requena, S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías, aplicado en el proceso de aprendizaje. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 5(2), 6.
- Romero, M., y Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 101-115.
- Séré, M. (2002). La enseñanza en el laboratorio:¿ Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia?. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*,20 (3), 357-368.
- Valdés, P., Castro, R. V., Aranzábal, J., y Santos, T. (2002). Implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, (28), 101-128.
- Waldegg, G. (2002). El uso de las nuevas tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Revista electrónica de investigación educativa*,4(1), 95-116.

**ANEXOS****Anexo A: Cuestionario de Pre saberes****Cuestionario****Fecha:** \_\_\_\_\_**Estudiante:** \_\_\_\_\_

1. Cuál es la afirmación correcta:
  - La luz azul tiene mayor longitud de onda que la luz roja.
  - La luz azul tiene menor frecuencia que la luz roja.
  - La luz azul tiene mayor longitud de onda y mayor frecuencia que la luz roja.
  - La luz azul tiene menor longitud de onda que la luz roja.
  - Ninguna de las anteriores afirmaciones es correcta.
2. El aumento de un microscopio depende de:
  - El color de la luz usada para iluminar la muestra.
  - La apertura numérica del objetivo.
  - Del tamaño de la muestra.
  - Del aumento del objetivo.
  - Del aumento del objetivo y del aumento del ocular.
3. La fotosíntesis se logra mejor con:
  - Luz verde.
  - Luz roja.
  - Luz amarilla.
  - Luz amarilla y luz verde simultáneamente.
  - Luz roja y luz azul simultáneamente.
4. Un microscopio tiene mayor resolución si se usa en la iluminación:
  - Luz verde.
  - Luz roja.
  - Luz amarilla.
  - Luz azul.
  - Luz violeta
5. Es cierto que los colores primarios de la teoría:
  - aditiva de la luz son magenta, rojo, amarillo.
  - aditiva de la luz son rojo, verde, violeta.
  - sustractiva de la luz son magenta, cian y amarillo.
  - sustractiva de la luz son rojo, verde y azul.
  - ninguna de las anteriores es correcta.
6. Es espectro de la Figura 1 corresponde al espectro de:
  - emisión de la clorofila.
  - absorción de la clorofila
  - emisión del sodio.
  - absorción del sodio.
  - emisión de una lámpara de LEDS usada para hacer eficiente la fotosíntesis.

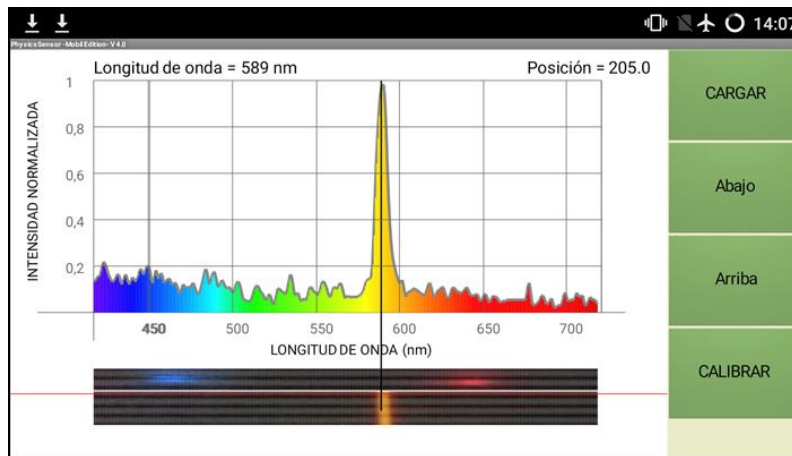


Figura 1

7. Con cuál objetivos se logra más aumento para un microscopio:
- uno de apertura numérica 0.20.
  - uno de apertura numérica 0,15
  - uno de apertura numérica 0.30.
  - uno de apertura numérica 0.25.
  - ninguna de las respuestas anteriores es correcta.
8. Con cuál de los objetivos se logra mejor contraste:
- uno de apertura numérica 0.20.
  - uno de apertura numérica 0,15
  - uno de apertura numérica 0.30.
  - uno de apertura numérica 0.25.
  - ninguna de las respuestas anteriores es correcta.
9. Con cuál de los objetivos se logra mejor resolución:
- uno de apertura numérica 0.20.
  - uno de apertura numérica 0,15
  - uno de apertura numérica 0.30.
  - uno de apertura numérica 0.25.
  - ninguna de las respuestas anteriores es correcta.
10. Si luz blanca atraviesa una solución que contiene solo clorofila como soluto, el espectro de la Figura 2 que más se asemeja al espectro del haz de luz que logra atravesar esta solución es el:
- A.
  - B.
  - C.
  - D.
  - ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

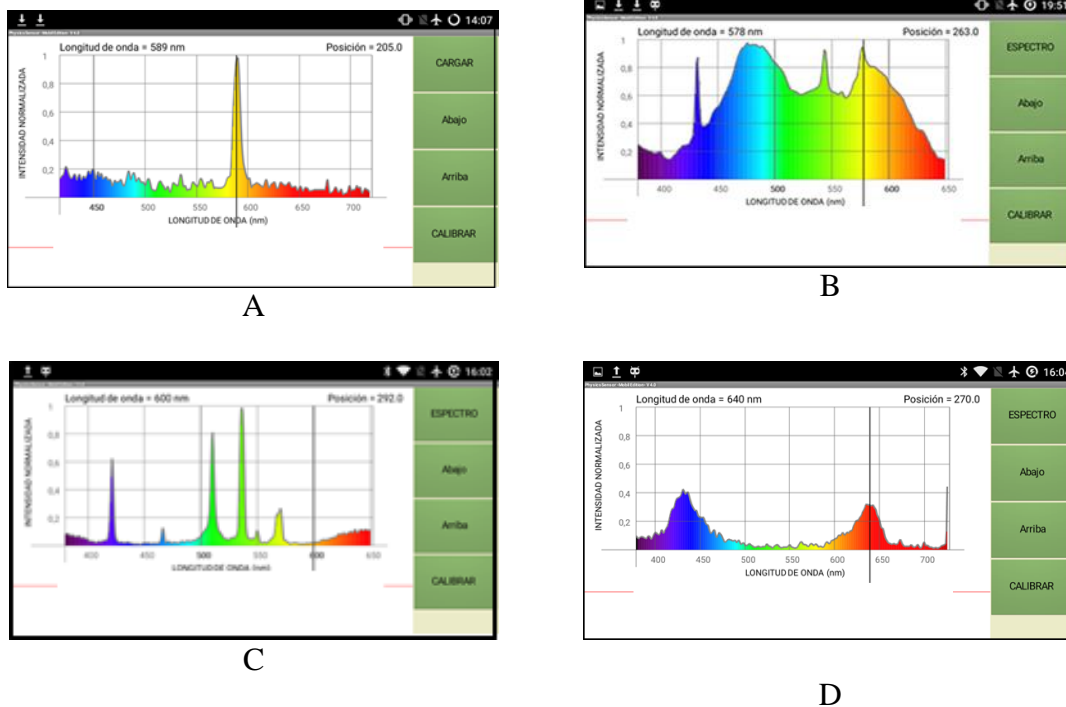


Figura 2

11. Con base en la pregunta anterior se puede concluir que:
- la clorofila absorbe de forma igual la luz de todos los colores.
  - la clorofila no absorbe preferentemente la luz azul y la luz roja.
  - La clorofila no absorbe la luz verde.
  - la fotosíntesis se debe esencialmente la absorción de la luz verde por la clorofila.
  - ninguna de las respuestas anteriores es correcta.
12. Luz blanca atraviesa una red de difracción. Se puede decir que:
- el azul se desvía más que el rojo.
  - el rojo se desvía más que el azul.
  - el verde se desvía más que el azul pero menos que el rojo.
  - el verde se desvía más que el rojo pero menos que el azul.
  - ninguna de las respuestas anteriores es correcta.
13. Luz blanca atraviesa un prisma de vidrio. Se puede decir que:
- el azul se desvía más que el rojo.
  - el rojo se desvía más que el azul.
  - el verde se desvía más que el azul pero menos que el rojo.
  - el verde se desvía más que el rojo pero menos que el azul.
  - ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

14. Pueden ser usado para obtener espectros de la luz:
- un espejo.
  - un polarizador.
  - una lente.
  - un CD.
  - un objetivo de microscopio.
15. Para mejorar el contraste en muestras muy transparentes en microscopía se puede usar:
- un objetivo de mayor aumento.
  - un objetivo de mayor apertura numérica.
  - un objetivo de mayor resolución.
  - polarizadores.
  - ninguna de las anteriores es correcta.
16. El objetivo de un microscopio es una lente convergente que es usada para formar de objetos muy pequeños:
- Una imagen REAL de mayor tamaño.
  - Una imagen VIRTUAL de mayor tamaño.
  - Una imagen que no es REAL y no es VIRTUAL pero si es de mayor tamaño.
  - Un imagen que es de mayor tamaño pero que no se puede proyectar en una pantalla.
  - ninguna de las anteriores es correcta.
17. El ocular de un microscopio toma la imagen dada por el objetivo y la convierte en una imagen para ser observada por el ojo y que:
- es REAL de mayor tamaño.
  - es VIRTUAL de mayor tamaño.
  - no es REAL y no es VIRTUAL pero si es de mayor tamaño.
  - es VIRTUAL (pero no es la imagen de la imagen dada por el objetivo).
  - ninguna de las anteriores es correcta.

18. Según la teoría del color y la teoría de filtros cuál de las representaciones de la Figura 3 está incorrecta:

- A.
- B.
- C.
- D.
- E.

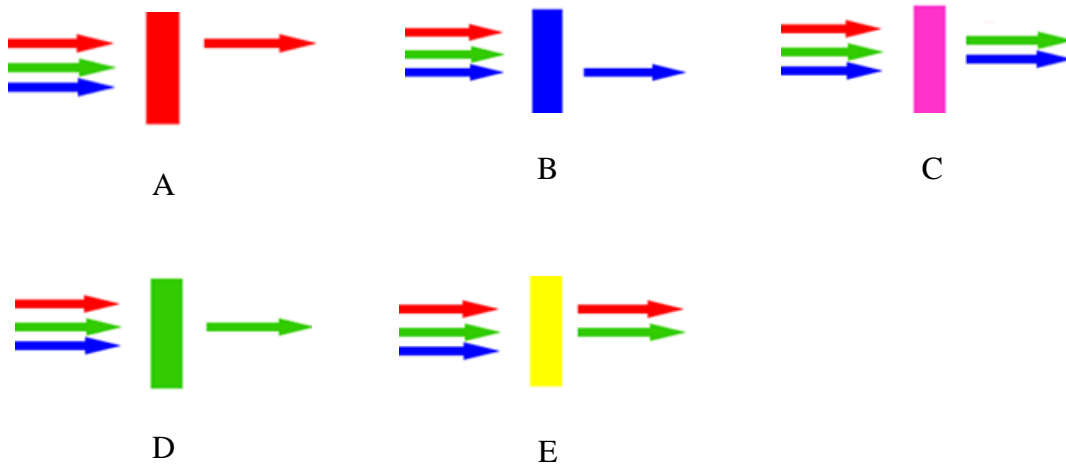


Figura 3

19. Si el diámetro del campo visual de un microscopio usando un objetivo 15x es 1,3 mm, se concluye que si se cambia a un objetivo de 40x el diámetro será aproximadamente en mm:

- 4,5.
- 0,5.
- 2,5.
- 16,3.
- 1,8.

20. Es cierto que:

- Los pigmentos obedecen la teoría aditiva del color.
- Las tintas obedecen la teoría aditiva del color.
- Las pantallas de televisor obedecen la teoría sustractiva de la luz.
- Las pantallas de televisor obedecen la teoría aditiva de la luz.
- Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

21. La labor más importante de la clorofila en el proceso de fotosíntesis consiste en:
- Darle color a las hojas de las plantas.\*
  - Capturar la energía de las diferentes longitudes de onda, principalmente del espectro rojo y violeta que corresponden a las clorofilas de tipo a.
  - Favorecer altas concentraciones de carbohidratos en los tejidos vegetales.
  - Responde no sólo a las condiciones lumínicas (fluctuaciones diurnas, insolaciones puntuales o transiciones sol-sombra) sino también a otros factores ambientales como las temperaturas extremas, el déficit hídrico o la disponibilidad de nutrientes.
- 22 La clorofila a absorbe la energía del Sol de las longitudes de onda correspondientes a
- los colores que van del violeta azulado al anaranjado-rojizo y rojo.
  - absorbe en la longitud de onda del verde.
  - absorbe en la longitud de onda del color amarillo.
  - absorbe en la longitud de onda del color naranja.

Teniendo en cuenta este mapa conceptual sobre la fotosíntesis, responder las preguntas 23 a la 27:

23 Qué caracteriza la fase lumínica de la fotosíntesis.

- Ocurre a todas las horas del día independiente del tipo de planta.
- Se produce en los tilacoides del cloroplasto, donde la energía de la luz solar captada por la clorofila se almacena en forma de ATP como reserva energética.
- Se produce en horas de día en unas organelas llamadas estromas.
- Estimula la fabricación o síntesis de la glucosa como producto importante de la fotosíntesis.

24 La fijación del carbono que se presenta en la fase oscura se obtiene de:

- El carbono proveniente de los tejidos vegetales.
- Del carbono proveniente de los minerales que la planta toma del suelo.
- Del dióxido de carbono que se obtiene del aire.
- De todas las anteriores.

25 Los procesos anabólicos asociados con la fotosíntesis corresponden a:

- Transformar macro moléculas en sustancias aún más sencillas.
- Transformar moléculas orgánicas en sustancias inorgánicas.
- Transformar elementos inorgánicos en compuestos orgánicos de gran importancia biológica.
- Transformar compuestos orgánicos de gran importancia biológica en elementos inorgánicos de utilidad para las plantas.

26 En que consiste la fotolisis del agua.

- Consiste en la producción de nuevas moléculas de agua gracias a la acción de la energía solar durante la fotosíntesis.
- Consiste en el rompimiento de enlaces químicos de la molécula de agua, produciéndose oxígeno por parte de la planta, por la acción de la energía solar.
- Consiste en la síntesis o fabricación de moléculas de agua, gracias al oxígeno aportado por la molécula de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono).
- Ninguna de las anteriores.

27 Cómo afecta el exceso de CO<sub>2</sub> el proceso de la fotosíntesis.

- No hay problemas, ya que a mayor cantidad de CO<sub>2</sub> se obtiene una mayor cantidad de glucosa.
- Si al exceso de CO<sub>2</sub> le sumamos un suelo con alta carga de humedad hace que las plantas tengan un crecimiento más exuberante.
- El exceso de CO<sub>2</sub> como sucede con otros seres vivos como los seres humanos afecta la sanidad de la planta, así como en nosotros la contaminación del aire afecta nuestra salud.
- Si hay problemas, ya que a mayor cantidad de CO<sub>2</sub> se obtiene una menor cantidad de glucosa y la planta puede tener problemas de orden nutricional.

28 Cómo afecta el exceso de luz solar el proceso de fotosíntesis (ahora que estamos en el “fenómeno del niño” y que en el planeta hay momentos de exceso de radiación solar):

- Destruye los pigmentos fotosintéticos de la planta.
- La exposición a la radiación alta, aumenta el potencial del efecto foto inhibitorio, de este modo, la inhibición de fotosíntesis indica que la planta está sometida a condiciones estresantes.
- Las plantas que están aclimatadas a altas intensidades lumínicas consiguen disipar el exceso de energía absorbida a través de las reacciones que tienen lugar en un grupo muy particular de carotenoides.
- Todas las anteriores.

29 Cómo afecta la luz ultravioleta los procesos fotosintéticos en las plantas.

- Tiene un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de las plantas.
- Fomentan el crecimiento del tallo, inducen la germinación de las semillas, el proceso del brote y la floración al desencadenar la liberación de hormonas.
- Fomenta la fructificación en las plantas.
- Provocan respuestas de estrés, inhibición de la fotosíntesis y daños en el ADN.

30 Con los efectos generados por el “fenómeno del niño”, la poca disponibilidad de agua, qué efectos puede producir en la fotosíntesis de las plantas.

- La planta no tiene problemas, ya que solo necesita de CO<sub>2</sub> y luz solar para realizar la fotosíntesis.
- La planta no realiza la fotosíntesis, ya que sin agua no se da este proceso biológico.
- Si hay escasez de agua los estomas se cierran, la concentración de CO<sub>2</sub> se reduce y la de O<sub>2</sub> aumenta, por tanto disminuye el rendimiento fotosintético ya que se produce fotorrespiración.
- La planta solo disminuye su velocidad de crecimiento, hasta obtener suficiente agua y seguir así un desarrollo normal.

## Anexo B: Guía en la construcción de un microscopio casero

### 1. Sobre el microscopio casero.



**Imagen 1: Microscopio casero**

Con materiales fáciles de conseguir se puede construir un microscopio casero con una buena ampliación de muestras diversas. Lo interesante de la propuesta es que se puede aprovechar el uso de celulares tipo Smartphone y Tablets para registrar de manera digital lo observado y con este material procesar con software especializados en la manipulación de imágenes y obtener información adicional al proporcionado por la imagen misma.

### 2. Materiales para la construcción del microscopio casero.

- ✓ Tres láminas de acrílico (2 de color negro y 1 transparente)
- ✓ Dos bombillas para linterna
- ✓ Una caja para baterías AA (dos pilas)
- ✓ Un pedazo de radiografía oscura
- ✓ Una tiradera para cajones de madera
- ✓ Tuercas, tornillos y arandelas
- ✓ Segueta para cortar los acrílicos
- ✓ Taladro para perforar los acrílicos
- ✓ Pegante para insertar la lente en láminas de radiografías

- ✓ Pedazos de madera para la base de iluminación  
(Partes del microscopio, Imagen 2.)



Imagen 2: Materiales para el ensamblaje del microscopio casero

## 1. Procedimiento de construcción y ensamblaje.

1. Una vez que se tiene todos los materiales, procedemos a cortar el acrílico en varias medidas como se indica a continuación.
  - Un acrílico de 10 X 15 cm de color negro.
  - Un acrílico de 6 X 14 cm de color transparente.
  - Un acrílico de 4 X 7 cm de color negro.
2. Tome el acrílico negro de 10X15 cm y haga un corte con segueta, como se ve en la Imagen 3, ese corte permitirá que la luz pase desde la bombilla (fuente de iluminación) hacía el montaje microscópico en el portaobjetos.



Imagen 3: Corte en el acrílico negro.

3. Tomar el acrílico transparente perfore con el taladro en el sitio donde se ubicará la tiradera de madera, que cumplirá la función de servir como tornillo micrométrico para ajustar la afinación y enfoque de la imagen registrada. Además perforar tanto en el acrílico negro como en el transparente los agujeros que dejen pasar la luz llegándole de manera adecuada a la muestra observada.

Recordar que en el mismo punto donde perforo los dos acrílicos, hacer una perforación en el acrílico de menor tamaño y de color negro.

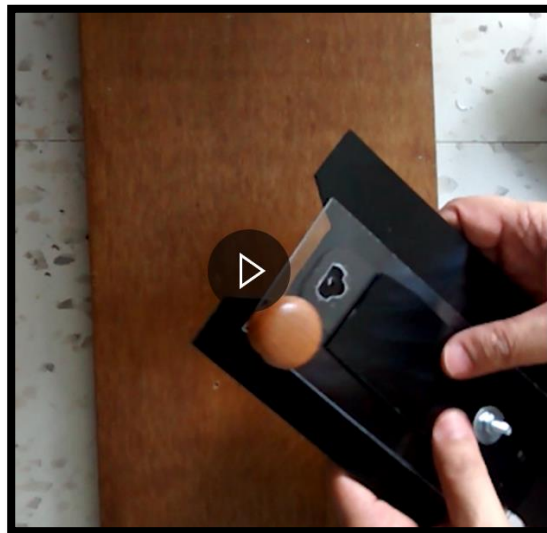


Imagen 4: Adecuación del acrílico transparente

- De manera paralela corte dos tiras de radiografía de largo igual al acrílico negro de mayor tamaño y menos ancho que el acrílico transparente, y con el cautil hacer una perforación donde más tarde se le incorporará el lente (tenga cuidado de que el agujero no sea más grande que la lente para que las láminas de la radiografía puedan contener la lente) que se obtiene de una bombilla o de la parte óptica de un DVD dañado. (ver Imagen 5).

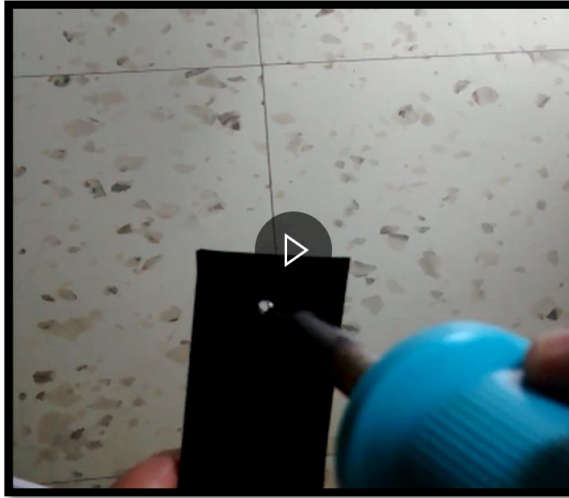


Imagen 5: Perforación de las láminas de radiografía

- Para obtener la lente tomamos uno de los dos bombillos y con una pinza cuidadosamente separamos la esfera que se localiza en la parte distal de la bombilla, limpiando cuidadosamente las astillas potencialmente peligrosas, para luego ser montada entre las dos láminas de la radiografía. Para fijarlo mejor alrededor de la perforación hecha en las láminas, se hacen varios puntos con el cautil alrededor de la perforación antes hecha y se sellan con pegante, para asegurar y fijar la lente a las láminas de la radiografía, para que no se mueva.

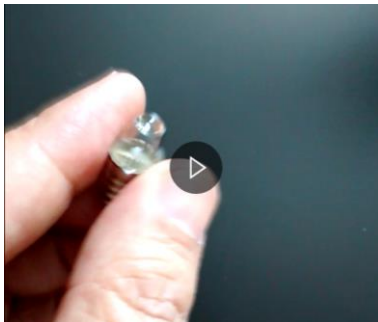


Imagen 6: Bombilla y corte con pinza para obtener la lente

Una vez se tenga organizado lo del lente, se colocan las láminas de radiografía, entre el acrílico negro y el acrílico transparente, se adiciona el acrílico negro de menor tamaño y se aseguran con tornillos, arandelas y tuercas.

6. Por último, queda hacer la fuente de iluminación, se hace el montaje de la caja de pilas, conectado a una bombilla y se fija a la estructura de madera, comprobando que las conexiones están bien hechas y que funcione de manera apropiada. (ver imagen 7)

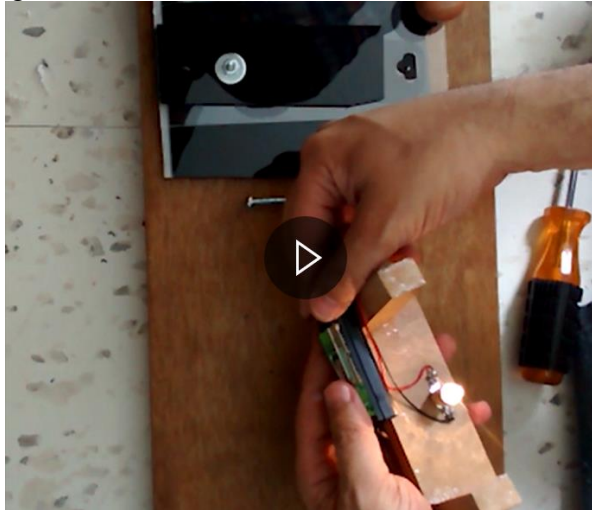


Imagen 7: Montaje del sistema de iluminación

7. Ya una vez todo ensamblado, se procede a montar en la plataforma el celular o Tablet para realizar fotografías de la muestra microscópica, como también aprovechar la oportunidad de registrar en video actividad y movimiento, por ejemplo los organismos presentes en una gota de agua de una charca. (ver Imagen 8).

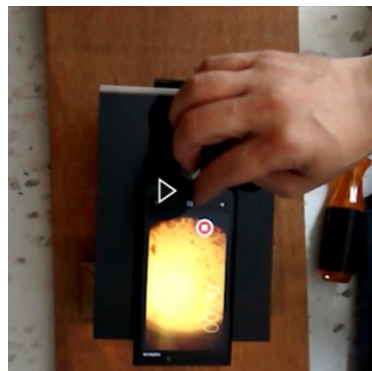


Imagen 8: Montaje del celular Smartphone sobre el microscopio casero

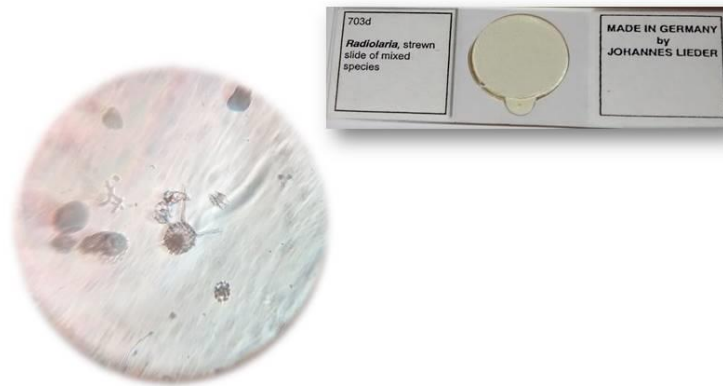
**2.** Algunas imágenes obtenidas con este microscopio casero.



Anteras de lirio (*Lilium* sp.) con células en meiosis



Corte de lengua de conejo con papilas gustativas



Varios tipos de radiolarios (protistas ameboides )  
Origen: arenas marinas.



Corte testículo de ratón, presentado  
Espermiogénesis en todos los estados

**Anexo C: Encuesta de satisfacción**  
**CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN**

**Señor estudiante:**

Esta encuesta es con el fin de estimar la valoración que usted hace de la intervención didáctica de la cual usted formo parte. Conteste con tranquilidad y sinceridad.

**Por favor no marcar la hoja**

**Asigne en una escala de 1 a 5 (marcando con X al lado).**

1. El material didáctico usado en la intervención fue de fácil adquisición y bajo costo.

1 \_\_\_                      2 \_\_\_                      3 \_\_\_                      4 \_\_\_                      5 \_\_\_

2. En la intervención se usaron adecuadamente las denominadas nuevas tecnologías de la información y la comunicación, NTIC (computador, internet, celulares, tablets).

1 \_\_\_                      2 \_\_\_                      3 \_\_\_                      4 \_\_\_                      5 \_\_\_

3. En la intervención las actividades realizadas fueron muy interesantes y agradables. Realmente disfruté este proceso de enseñanza aprendizaje.

1 \_\_\_                      2 \_\_\_                      3 \_\_\_                      4 \_\_\_                      5 \_\_\_

4. La condiciones ambientales (espacios, recursos utilizados, guías) han sido adecuadas para facilitar el proceso formativo:

1 \_\_\_                      2 \_\_\_                      3 \_\_\_                      4 \_\_\_                      5 \_\_\_

5. Los temas tratados en la intervención fueron interesantes:

1 \_\_\_                      2 \_\_\_                      3 \_\_\_                      4 \_\_\_                      5 \_\_\_

6. La metodología empleada en la intervención (experimentos, relación con la vida cotidiana, discusiones en grupo actividades en general) fue apropiada:

1 \_\_\_                      2 \_\_\_                      3 \_\_\_                      4 \_\_\_                      5 \_\_\_

7. El docente guió la intervención educativa adecuadamente:

1 \_\_\_                    2 \_\_\_                    3 \_\_\_                    4 \_\_\_                    5 \_\_\_

8. La intervención te dejó gran interés en los temas tratados:

1 \_\_\_                    2 \_\_\_                    3 \_\_\_                    4 \_\_\_                    5 \_\_\_

9. ¿Crees que la enseñanza de las ciencias naturales debe ser orientada con actividades experimentales?

1 \_\_\_                    2 \_\_\_                    3 \_\_\_                    4 \_\_\_                    5 \_\_\_

10. ¿Crees que la enseñanza de las ciencias naturales debe ser orientada con actividades experimentales y sobre todo éstas usando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC)?

1 \_\_\_                    2 \_\_\_                    3 \_\_\_                    4 \_\_\_                    5 \_\_\_

**Responder SI o NO**

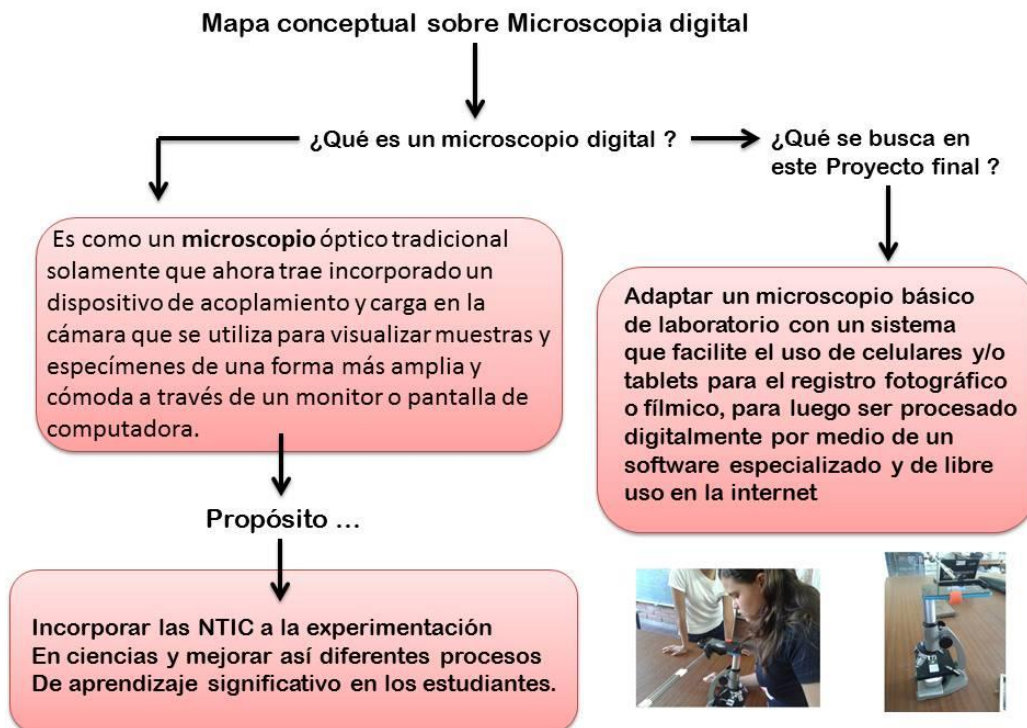
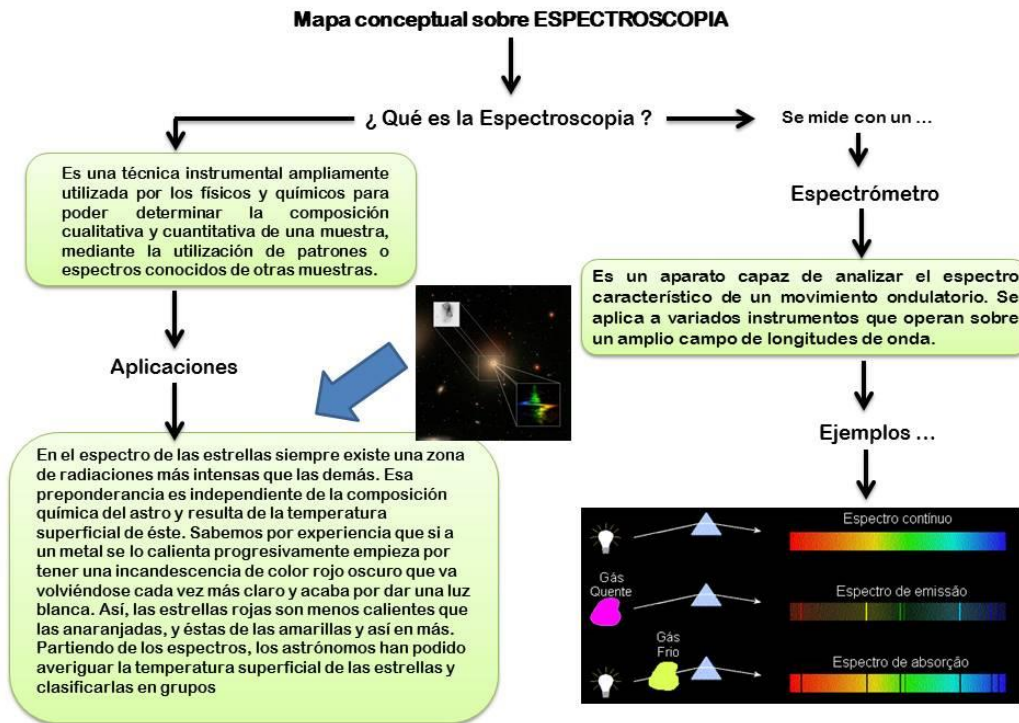
11. Después de haber participado en esta intervención educativa quisiera repetir la misma experiencia con otros temas relacionados con las ciencias naturales:

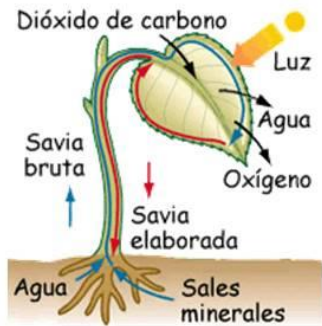
SI \_\_\_                    NO \_\_\_

12. Recomendaría a otros compañeros participar de una intervención didáctica que usara una metodologías similar:

SI \_\_\_                    NO \_\_\_

### Anexo D: Mapas conceptuales de estudiantes



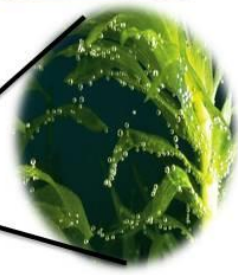


### Fotosíntesis y el uso de las NTIC



Al usar diferentes tipo de longitudes de onda, se obtiene la producción de burbujas de oxígeno como una forma indirecta de poder determinar la eficiencia fotosintética en las plantas.

La combinación de luces de Color rojo + azul presentó Mejores resultados.



Anexo E: Dibujos realizados por un estudiante

